

DISEÑO Y FABRICACIÓN DE GABINETES PARA MEDIDORES DE GAS EN  
POLIÉSTER REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO POR EL SISTEMA DE  
INYECCIÓN POR MOLDE CERRADO “RTM”

ANDRÉS HERNÁNDEZ MEJÍA

UNIVERSIDAD EAFIT  
ESCUELA DE INGENIERÍAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ÁREA DE DISEÑO  
MEDELLÍN  
2006

DISEÑO Y FABRICACIÓN DE GABINETES PARA MEDIDORES DE GAS  
EN POLIÉSTER REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO POR EL SISTEMA  
DE INYECCIÓN POR MOLDE CERRADO “RTM”

ANDRÉS HERNÁNDEZ MEJÍA

Trabajo de grado presentado como parte de los requerimientos  
para optar por el título de Ingeniero Mecánico

Asesor principal  
Andrés Franco Bedoya  
Docente Universidad EAFIT

UNIVERSIDAD EAFIT  
ESCUELA DE INGENIERÍAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ÁREA DE DISEÑO  
MEDELLÍN  
2006

## AGRADECIMIENTOS

Un sincero agradecimiento para mi asesor, Andrés Franco, que me orientó en el proyecto para no desviar el curso sin imponerme nada.

Agradezco a Juan David Vanegas y a Rodrigo Vergara, de Safety Composites; A Juan por su interés en mí para desarrollar el proyecto y por el acompañamiento durante la ejecución, A Rodrigo por su orientación con los “detalles técnicos” que no menciona la teoría pero que son fundamentales.

Agradezco a BASF química Colombiana por su apoyo con el suministro de las resinas para el proyecto y por el curso brindado.

Al Ing. José Iván Suárez por el tiempo dedicado para las pruebas preliminares y las prácticas sobre las resinas y sus aplicaciones.

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	18
1 MARCO TEÓRICO	21
1.1 GABINETES PARA MEDIDORES DE GAS EN LÁMINA METÁLICA	21
1.1.1 Características de los gabinetes en servicio.	22
1.1.2 Estado de los gabinetes en servicio y problemas.	28
1.1.3 Gabinetes comercializados.	32
1.2 ESPECIFICACIONES Y NORMAS SOBRE GABINETES PARA MEDIDORES DE GAS	35
1.2.1 Especificación de EPM.	35
1.2.2 Especificación española.	37
1.2.3 Comparación de lo observado respecto a la especificación local.	38
1.3 GABINETES DE USO GENERAL EN PLÁSTICO REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO (PRFV)	40
1.4 MANUFACTURA DE GABINETES PARA MEDIDORES DE GAS EN MATERIAL COMPUESTO	41
1.5 RTM	45
1.5.1 Teoría de RTM.	46

1.6	CONCLUSION	56
2	DISEÑO	57
2.1	METODOLOGÍAS DE DISEÑO	57
2.2	SELECCIÓN DE LA METODOLOGÍA	61
2.3	IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE LA NECESIDAD	62
2.3.1	Definición del problema.	62
2.3.2	Análisis funcional.	63
2.3.3	Necesidad inicial.	63
2.3.4	Análisis de la necesidad.	63
2.3.5	Requerimientos de diseño.	67
2.4	SÍNTESIS DE DISEÑO DEL GABINETE: ANÁLISIS PARAMÉTRICO	67
2.4.1	Identificación tecnológica.	68
2.4.2	Análisis paramétrico.	68
2.4.3	Resultados de la síntesis.	86
2.4.4	Chequeo de los requerimientos de diseño.	88
2.5	DISEÑO DE DETALLE	89
2.5.1	Gabinete. Material.	89
2.5.2	Modelo para manufactura del molde.	98
2.5.3	Molde.	100

2.5.4	Proceso de manufactura del gabinete.	111
2.6	LISTADO DE PLANOS	113
2.7	CONCLUSION	117
3	CONSTRUCCIÓN	118
3.1	PROCEDIMIENTO Y RESULTADOS	118
3.1.1	Pruebas preliminares.	118
3.1.2	Modelo maestro.	122
3.1.3	Molde.	127
3.1.4	Prototipos.	138
3.2	CONCLUSION	146
4	EVALUACIÓN	147
4.1	CALIDAD DEL PRODUCTO	147
4.1.1	Evaluación en términos de la tecnología aplicada.	148
4.1.2	Evaluación respecto a la aplicación.	148
4.2	RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	150
4.3	EVALUACIÓN RESPECTO A LOS OBJETIVOS	172
4.4	CONCLUSIÓN	174
5	ESTUDIO DE VIABILIDAD INDUSTRIAL	175
5.1	ESQUEMA GENERAL	176

5.2	CONCEPTUALIZACIÓN	176
5.3	ANÁLISIS SECTORIAL	181
5.3.1	Macroentorno.	181
5.3.2	Microentorno.	183
5.4	ESTUDIO DE MERCADO	184
5.5	ANÁLISIS DEL PRECIO	195
5.6	DETERMINACIÓN DE INGRESOS PROYECTADOS	195
5.7	ANÁLISIS DE LA OFERTA	196
5.8	ANÁLISIS TÉCNICO Y AMBIENTAL	198
5.9	ANÁLISIS ADMINISTRATIVO Y ORGANIZACIONAL.	202
5.10	ANÁLISIS FINANCIERO	202
5.11	CONCLUSIÓN	207
6	CONCLUSIONES	208
6.1	MARCO TEÓRICO	208
6.2	DISEÑO	208
6.3	CONSTRUCCIÓN	211
6.4	EVALUACIÓN TÉCNICA	213
6.5	ESTUDIO DE VIABILIDAD	215
6.6	CONCLUSIÓN GENERAL	217

7 RECOMENDACIONES	219
7.1 MARCO TEÓRICO	219
7.2 DISEÑO	220
7.3 CONSTRUCCIÓN	221
7.4 EVALUACIÓN TÉCNICA	222
7.5 ESTUDIO DE VIABILIDAD	222
7.6 RECOMENDACIÓN GENERAL	223
BIBLIOGRAFÍA	224
ANEXOS	230



## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Resumen de características de los gabinetes instalados evaluados.	28
Tabla 2. Resumen características de los gabinetes comercializados.	33
Tabla 3. Proceso de análisis paramétrico.	69
Tabla 4. Listado de ensambles.	114
Tabla 5. Listado de planos del modelo para manufactura.	114
Tabla 6. Listado de planos y piezas comerciales del molde para manufactura	115
Tabla 7. Listado de planos y piezas del molde de la puerta para manufactura	116
Tabla 8. Listado de planos del gabinete.	117
Tabla 9. Resultados viscosidad del gelcoat.	119
Tabla 10. Resumen tiempos y frecuencia de las actividades.	145
Tabla 11. Indicadores del logro de los objetivos.	173
Tabla 12. Datos históricos de usuarios a la red de gas natural	186
Tabla 13. Análisis de tendencia lineal de los datos históricos.	187
Tabla 14. Proyección de crecimiento de usuarios de gas natural	188
Tabla 15. Datos de suscriptores por departamento.	190

Tabla 16. Estadísticas por empresa.	192
Tabla 17. Proyecciones por periodo de acuerdo a la penetración de plazas.	193
Tabla 18. Cálculo de la oferta.	193
Tabla 19. Estimación de los ingresos.	196
Tabla 20. Capacidades de producción instalada y utilizada.	198
Tabla 21. Detalle de tiempos de proceso.	199
Tabla 22. Calculo requerimientos de mano de obra y costo.	199
Tabla 23. Requerimientos de materia prima en inventario	200
Tabla 24. Matriz causa efecto para identificación de impactos ambientales.	201
Tabla 25. Flujo de caja del proyecto.	203
Tabla 26. Tir y VPN del proyecto.	205
Tabla 27. Flujo de caja libre de cada periodo.	206
Tabla 28. Gráfico del IRVA.	207
Tabla 29. Identificación variables diseño de piezas y moldes.	232
Tabla 30. Procedimiento evaluación del molde.	243
Tabla 31. Formato registro evaluación molde.	245
Tabla 32. Procedimiento evaluación gabinete respecto a la tecnología.	246
Tabla 33. Formato registro evaluación de gabinetes respecto a la tecnología.	248
Tabla 34. Procedimiento evaluación proceso de producción.	249

Tabla 35. Formato registro evaluación proceso de producción.	250
Tabla 36. Procedimiento de evaluación gabinetes respecto a la aplicación.	251
Tabla 37. Formato registro evaluación de gabinetes respecto a la aplicación.	253

## LISTA DE ILUSTRACIONES

	pág.
Ilustración 1. Fachada mostrando el gabinete del medidor de gas.	19
Ilustración 2. Imagen de un gabinete para medidor de gas u	22
Ilustración 3. Tiempo de uso de los gabinetes según estado visual.	24
Ilustración 4. Detalle del sistema de bloqueo de la puerta,.	24
Ilustración 5. Detalle del sistema de sujeción de la puerta,	25
Ilustración 6. Tipos de ventilación y registro para lectura,	26
Ilustración 7. Tipos de instalación del gabinete,	27
Ilustración 8. Detalle soldadura de punto utilizada en el gabinete.	28
Ilustración 9. Muestra del deterioro de los gabinetes instalados.	30
Ilustración 10. Detalle de casos donde hay muestra de pérdida del material.	31
Ilustración 11. Imagen de las partes del gabinete por IMET S.A.	33
Ilustración 12. Detalle de las tapas de los agujeros para la tubería	34
Ilustración 13. Detalle del aviso incluido en la superficie de la puerta	35
Ilustración 14. Modelo del gabinete de IMET en Pro E.	35
Ilustración 15. Esquema del proceso de inyección por molde cerrado	44

Ilustración 16. Equipo para inyección de resina y panel de control	45
Ilustración 17. Detalle del molde para RTM Light.	54
Ilustración 18. Ciclo del análisis paramétrico de Kroll.	58
Ilustración 19. Orígenes de la idea de un producto según Hansen Andreassen.	60
Ilustración 20. Representación CAD del gabinete.	90
Ilustración 21. Representación CAD de la puerta.	90
Ilustración 22. Ensamble del gabinete y la puerta	90
Ilustración 23. Preforma desarrollada y ensamblada.	91
Ilustración 24. Detalle preformas de la puerta ensambladas (E1 y E2).	92
Ilustración 25. Distribución del material para la preforma en el rollo.	93
Ilustración 26. Esquema de la preforma del gabinete	94
Ilustración 27. Detalle láminas para sujeción a pared.	95
Ilustración 28. Costeo de los recursos base para las actividades.	96
Ilustración 29. Cálculo del consumo de recursos de las actividades.	97
Ilustración 30. Costeo final del gabinete por actividades.	98
Ilustración 31. Representación CAD del modelo maestro	100
Ilustración 32. Mesa de inyección que constituye el molde de la puerta.	101
Ilustración 33. Revisión dimensiones del flanche para el molde de la puerta.	103
Ilustración 34. Cálculo dimensión flanche para el gabinete.	104

Ilustración 35. Punto de conexión del vacuum pot.	105
Ilustración 36. Vista en explosión del molde ensamblado.	107
Ilustración 37. Corte del ensamble del molde	108
Ilustración 38. Corte interfase molde - contramolde de la puerta.	108
Ilustración 39. Costeo moldes.	110
Ilustración 40. Detalle disposición preforma en el molde del gabinete	112
Ilustración 41. Aplicación de gelcoat para medir espesor, flexibilidad y brillo.	120
Ilustración 42. Prueba de aplicación de la masilla.	120
Ilustración 43. Prueba de aplicación de la resina de laminación.	121
Ilustración 44. Prueba de desmoldantes	121
Ilustración 45. Pruebas de laminación	122
Ilustración 46. Modelo de la puerta después de aplicada la masilla	123
Ilustración 47. Modelos después de la aplicación del sellador.	124
Ilustración 48. Modelos brillados con cera desmoldante y paño suave.	124
Ilustración 49. Disposición de modelos sobre las superficies de laminación.	125
Ilustración 50. Instalación de preforma para el flanche y cavidades	125
Ilustración 51. Prueba preliminar de la preforma para el flanche de vacío.	126
Ilustración 52. Instalación de perfiles en la periferia del modelo del gabinete.	126
Ilustración 53. Aplicación del alcohol polivinílico.	127

Ilustración 54. Modelo después de la aplicación del gelcoat transparente.	127
Ilustración 55. Laminación primera parte del molde para el gabinete.	127
Ilustración 56. Extracción del modelo del interior del molde.	128
Ilustración 57. Modelo de la puerta después de aplicar el gelcoat .	129
Ilustración 58. Aplicación de masilla en los bordes.	129
Ilustración 59. Laminación del molde para la puerta.	129
Ilustración 60. Secuencia de desmoldeo de la pieza.	130
Ilustración 61. Lámina de 2mm para generar la cavidad de inyección.	131
Ilustración 62. Instalación de preformas para el flanche de vacío.	131
Ilustración 63. Modelo posterior a la aplicación del gelcoat.	132
Ilustración 64. Laminación del contramolde.	132
Ilustración 65. Separación del laminado.	133
Ilustración 66. Resultado de la laminación del contramolde.	133
Ilustración 67. Reparación superficie de la cavidad de inyección.	134
Ilustración 68. Detalle de las guías para alinear el molde.	134
Ilustración 69. Detalle de los manilares del contramolde.	135
Ilustración 70. Detalle de puntos de conexión.	135
Ilustración 71. Contramolde antes de instalar los empaques.	136
Ilustración 72. Detalle espesor flanche de vacío.	136

Ilustración 73. Acabado superficial del molde.	136
Ilustración 74. Ensamble del conjunto molde - contramolde.	137
Ilustración 75. Moldes contruidos.	137
Ilustración 76. Molde del gabinete y de la puerta con los empaques	138
Ilustración 77. Inserción de manguera en el empaque de ala	138
Ilustración 78. Preforma extendida.	140
Ilustración 79. Detalle corte en ángulo.	140
Ilustración 80. Preforma de la puerta.	141
Ilustración 81. Preforma dispuesta en el molde.	141
Ilustración 82. Ajuste de los cortes en ángulo.	142
Ilustración 83. Preforma de la puerta instalada en el molde.	142
Ilustración 84. Molde conectado al equipo de vacío e inyección.	143
Ilustración 85. Diferencia en el punto de inyección	144
Ilustración 86. Aparición de la resina en la vacuum pot.	144
Ilustración 87. Prototipo después del desmoldeo y la remoción de rebabas.	145
Ilustración 88. Detalle del desprendimiento del material en la extracción.	158
Ilustración 89. Espacios vacíos en la cavidad.	159
Ilustración 90. Detalles acabado, logo y ventana conseguidos en la pieza.	160
Ilustración 91. Verificación del ángulo recto entre las caras verticales	163



Ilustración 92. Verificación del ángulo recto entre los lados de la puerta.	164
Ilustración 93. Verificación brillo y uniformidad de la superficie del molde	164
Ilustración 94. Verificación del ángulo de salida del molde y del contra molde.	164
Ilustración 95. Gabinete en lámina metálica de IMET y gabinete en PRFV.	166
Ilustración 96. Paralelo entre representación CAD y producto real.	166
Ilustración 97. Montaje para la prueba.	170
Ilustración 98. Probetas para las pruebas.	170
Ilustración 99. Prueba horizontal en probeta con pasta retardante.	170
Ilustración 100. Prueba de una placa.	171
Ilustración 101. Estado final de las probetas.	171
Ilustración 102. Diagrama de fases del proyecto.	179
Ilustración 103. Crecimiento histórico y proyectado del número de usuarios.	188
Ilustración 104. Proyección de la inflación para Colombia.	194
Ilustración 105. Detalle de la combustión e	261
Ilustración 106. Fotografía antes y después de quitar el mechero.	261
Ilustración 107. Avance de la combustión no inducida.	262
Ilustración 108. Prueba vertical con pasta.	262
Ilustración 109. Probeta sin pasta en prueba vertical.	263
Ilustración 110. Prueba de intervalos en probeta con pasta.	263

Ilustración 111. Prueba de intervalos en probeta sin pasta.	264
Ilustración 112. Prueba de ignición en la parte quemada.	265
Ilustración 113. Prueba en placa con pasta retardante.	265
Ilustración 114. Prueba de placa sin pasta retardante.	266

## LISTA DE ECUACIONES

	pág.
Ecuación 1. Cálculo consumo de resina.	111
Ecuación 2. Cálculo de consumo refuerzo.	111

## LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Resumen de características para el molde.	231
Anexo B. Identificación variables de piezas y moldes.	232
Anexo C. Procedimiento de manufactura del molde.	234
Anexo D. Listado extendido de requerimientos de diseño.	238
Anexo E. Procedimiento de evaluación de moldes, prototipos y proceso.	243
Anexo F. Procedimiento de evaluación del producto respecto a la aplicación y formato de registro.	251
Anexo G. Lista de chequeo del proceso.	254
Anexo H. Lista de solución de problemas.	257
Anexo I. Informe prueba de comportamiento a la llama según UL94.	259
Anexo J. Fichas de resultados de la evaluación.	268
Anexo K. Planos para manufactura.	269

## INTRODUCCIÓN

Este documento presenta el proyecto "Diseño y fabricación de gabinetes para medidores de gas en poliéster reforzado con fibra de vidrio por el sistema de inyección por molde cerrado RTM" (RTM viene de la sigla en inglés de Resin Transfer Moulding que traduce moldeo por transferencia de resina). Exhibe con detalle cada uno de los productos planteados en la propuesta del proyecto como indicador de cumplimiento de los objetivos.

Se desarrolla cada una de las fases de recopilación teórica, síntesis conceptual, corporificación, evaluación y conclusión constituyendo un caso de estudio de las áreas de diseño metódico, gestión de proyectos, materiales de ingeniería, ingeniería ambiental, mercadeo, entre otras áreas de interés de la ingeniería mecánica.

El sistema de distribución de gas natural por red de EPM (empresa prestadora de servicios públicos con su área de influencia en el Valle de Aburrá, Departamento de Antioquia) requiere que se instalen, en cada una de las conexiones de los suscriptores del servicio de gas natural por red, medidores, que permitan cuantificar el consumo, denominados medidores de volumen. Ver Ilustración 1. Fachada de varias viviendas mostrando el gabinete del medidor de gas. Los medidores se montan en nichos contruidos en mampostería o con gabinetes metálicos o de resinas sintéticas, con puertas, y dotados de tornillos de seguridad (EPMGAS, 2004).

Ilustración 1. Fachada de varias viviendas mostrando el gabinete del medidor de gas.



EPMGAS, 2004

Dentro de los procesos de manufactura de materiales compuestos se encuentran los procesos por molde cerrado. Este principio consiste en el posicionamiento de un refuerzo de fibra o preformas dentro de la cavidad de un molde, que posteriormente es cerrado e inyectado con resina para llenar la cavidad. Existen múltiples procesos que se acomodan a esta descripción y que se diferencian en la forma en que se inyecta la resina, el material y la manera en que se cierra el molde.

El Moldeo por transferencia de resina o RTM es un proceso semi automatizado de fabricación por molde cerrado que permite obtener estructuras de material compuesto en un amplio rango de complejidad, de formas y de tamaño. Requiere de una maquina de inyección y dispositivos automáticos de catalización de la resina (MIRAVETE, 2001).

El proyecto tiene origen en la necesidad de buscar una alternativa de reemplazo, teniendo en cuenta los indicios de corrosión y vida útil reducida de los gabinetes para medidores de gas usado actualmente en aplicaciones domésticas. Busca facilitar la difusión de las capacidades del proceso en la comunidad académica, pero aun más importante, ser un referente ante la industria local de este sector. Sirve como instrumento para la incursión de la Universidad EAFIT en los procesos

avanzados de manufactura de materiales compuestos, para la aplicación de los resultados de investigaciones previas y para abrir las puertas a otros proyectos que busquen el desarrollo de aplicaciones tecnológicas a los problemas de la industria, para el país dentro del sector de los materiales compuestos.

El objeto de estudio del proyecto son los gabinetes para alojar medidores de gas en el sistema de gas natural por red. Se propone una alternativa de manufactura de estos en material compuesto por medio del proceso RTM Light.

Se resalta que durante la ejecución se hace un cambio en los objetivos de la propuesta inicial, reduciendo el número de prototipos dado que las pruebas finalmente realizadas requerían un número inferior al propuesto.

El objetivo general es sintetizar el prototipo de un producto como una alternativa a los gabinetes en lámina metálica mediante el diseño y fabricación de los mismos en poliéster reforzado con fibra de vidrio por un sistema de inyección en molde cerrado. De este objetivo se desprenden una serie una serie de objetivos específicos de forma que el producto es fundamentado y diseñado antes de ser construido y evaluado. Cada una de estas fases constituye los diferentes capítulos de este informe. Adicionalmente se presenta un capítulo en el que se estudia la viabilidad del proyecto a nivel industrial y finalmente los capítulos de conclusión y demás complementarios. Estas actividades definen el alcance del proyecto.

Los anexos contienen información que hace parte de los resultados de la investigación y por lo tanto deben consultarse cuando son citados.

Palabras clave: RTM Light, Materiales compuestos, Composites, gabinetes, PRFV, Inyección, Análisis paramétrico, evaluación de proyectos.

## 1 MARCO TEÓRICO

Este capítulo presenta los resultados del estudio sobre el estado y características de los gabinetes para medidores de gas usados y comercializados actualmente. También se hace una caracterización del proceso de manufactura con el cual se abordará la siguiente fase del proyecto. Además se establece el listado de especificaciones que debe poseer el producto del proceso de diseño para desempeñarse en la aplicación establecida con el cual se abordará el proceso de diseño.

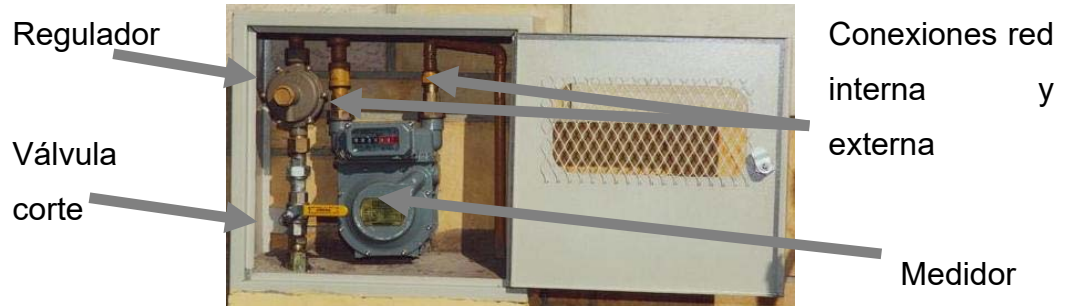
### 1.1 GABINETES PARA MEDIDORES DE GAS EN LÁMINA METÁLICA

Como partida para presentar una alternativa a los gabinetes utilizados en 2006 como alojamiento de los medidores de gas en el sistema de gas natural por red se estudia la situación de los que en ese momento se instalan encontrando condiciones, restricciones, características y propiedades relevantes al momento de diseñar un gabinete para esta aplicación como se muestra más adelante.

El medidor de volumen es un instrumento de medición que registra la cantidad de gas suministrado por medio de la red a un usuario para su consumo interno. Este se conecta con la red de la ciudad por un extremo y por el otro con la red interna del usuario. Junto con el medidor de gas se instala un regulador de presión, para disminuir la presión de entrada y regular uniformemente la presión de salida de un sistema, y una válvula de corte que permite el control del suministro del combustible gaseoso a cada instalación individual antes de cada medidor de gas. Ver Ilustración 2. Imagen de un gabinete para medidor de gas utilizado en Medellín, Colombia y especificación de sus partes.



Ilustración 2. Imagen de un gabinete para medidor de gas utilizado en Medellín, Colombia y especificación de sus partes.



EPMGAS, 2003

El lugar donde se alojan el medidor de gas natural en la red de servicios de Medellín junto con los elementos adicionales requeridos, debe ser de material incombustible, provisto de puerta que facilite la ventilación y evite la acumulación de gas, e instalado a una distancia prudente de equipos eléctricos. La puerta debe tener un mecanismo de cierre, informar que se trata de una instalación de gas y que no se debe fumar cerca, debe ser incombustible y estar reforzada de forma que proteja al medidor contra cargas y fenómenos externos como el clima, los golpes, la manipulación indebida (EPMGAS,2003),

Uno de los tipos de gabinetes que se consigue en el mercado local para instalar medidores de gas, se elabora en lámina metálica galvanizada recubierta con pintura. Puede verse en la Ilustración 2. Imagen de un gabinete para medidor de gas utilizado en Medellín, Colombia y especificación de sus partes. Un ejemplo de estos gabinetes. El proceso de manufactura se inicia con una lámina plana que por medio de dobleces y soldadura se conforma para obtener el gabinete. Se agregan algunos elementos adicionales como la rejilla de ventilación y el mecanismo de cierre (EPMGAS, 2004).

1.1.1 Características de los gabinetes en servicio. Se investiga en la ciudad de Medellín cuáles son las características de los gabinetes para medidores de gas

instalados en diferentes lugares. Con ello se logra identificar además algunos fabricantes de gabinetes y también el estado en que se encuentran después de someterse a las condiciones ambientales del sitio.

En los gabinetes instalados se encuentra que todos tienen dimensiones muy similares, 40 x 40 cm. aproximadamente. Se diferencian en la pintura utilizada, el calibre de la lámina, el sistema de bloqueo de la puerta, el sistema que permite abrir la puerta, el registro para lectura del consumo en el medidor, la rejilla de ventilación, la forma de instalación y la forma de manufactura.

En cuanto a la pintura utilizada los más antiguos, que se diferencian por estar más deteriorados y por tener mayores depósitos de materia orgánica, son pintados con pistola utilizando pintura epóxica, usualmente el sistema Pintucoat de Pintuco. Son principalmente de color naranja o ladrillo, algunos han recibido capas de pintura no especificada posterior a su instalación, por parte de los usuarios. Este sistema es una pintura “anticorrosiva de 2 componentes en envases separados (componente A es anticorrosivo epóxico y componente B es un endurecedor poli amínico), que produce al aplicarlo, una capa sólida, dura, resistente a aguas dulces potables o saladas, ácidos débiles, sales, álcalis, disolventes alifáticos y temperaturas de 120° en seco y 70° C en inmersión” (PINTUCO,2006).

Los más nuevos son pintados utilizando aplicación electro estática y posteriormente horneados, el color es brillante y de tonalidad gris verdosa. La pintura electrostática es un polvo compuesto granulado de varios polímeros secos que incluyen pigmentos y cargas, la cual es básicamente dieléctrica y es utilizada para pintar metales obteniendo ventajas como flexibilidad, adherencia y grandes espesores en una sola capa (hasta 60 micrones). (GRESWELL, 2006). Ver Ilustración 3. Tiempo de uso de los gabinetes según estado visual.

Ilustración 3. Tiempo de uso de los gabinetes según estado visual.



El calibre de la lámina varía entre calibre 18 y 22 (0.76-1.2mm) y está asociado al fabricante del mismo. Se utiliza lámina galvanizada como puede verse a pesar de la pintura por la tonalidad característica de la lámina galvanizada que muestra figuras no uniformes en diferentes tonos de gris.

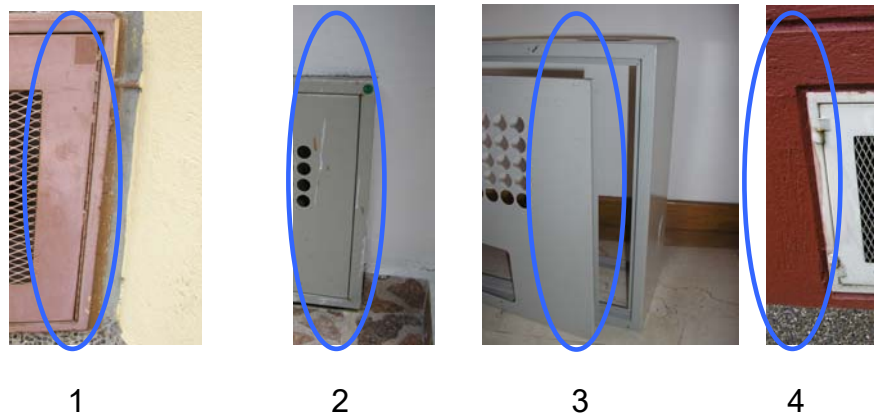
El bloqueo de la puerta se hace de 2 formas, utilizando una cerradura de llave triangular, que se ve en los más viejos, o un sistema con un tornillo de cabeza triangular metido en un tubo largo que impide la fácil apertura, que se ve en los nuevos. Ambos evitan la fácil apertura del gabinete. El sistema de tornillo permite además insertar un testigo de apertura, que consiste en un alambre fino con un sello marcado de plomo que muestra cuando el gabinete ha sido abierto. El sistema de bloqueo depende del fabricante. Ver Ilustración 4. Detalle del sistema de bloqueo de la puerta, tipo cerradura triangular (izquierda) y tipo tornillo (derecha).

Ilustración 4. Detalle del sistema de bloqueo de la puerta, tipo cerradura triangular (izquierda) y tipo tornillo (derecha).



La puerta se sujeta del gabinete con bisagras completas, parciales o con una pestaña que se aloja dentro del gabinete y permite sujetar la puerta en la posición cerrada. Las últimas 2 formas permiten que en la posición abierta se pueda retirar totalmente la puerta para facilidad en los trabajos. El tipo de puerta depende del fabricante. Esto puede verse en Ilustración 5. Detalle del sistema de sujeción de la puerta, con bisagra completa (1), con pestaña mostrando la puerta montada (2) y desmontada (3) y con bisagra dividida (4).

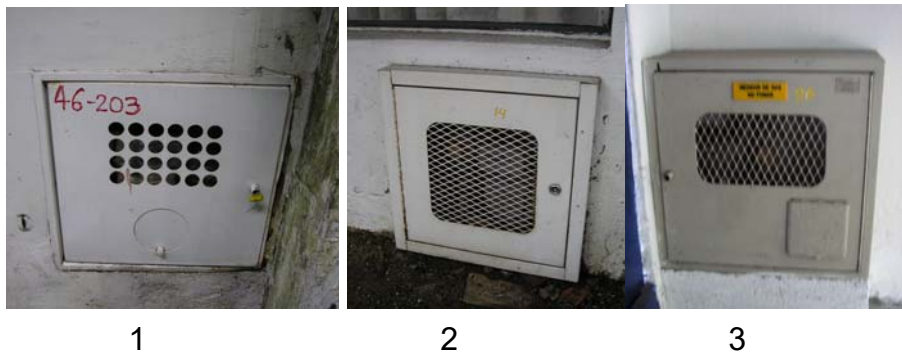
Ilustración 5. Detalle del sistema de sujeción de la puerta, con bisagra completa (1), con pestaña mostrando la puerta montada (2) y desmontada (3) y con bisagra dividida (4).



El registro para lectura del consumo se hace de 3 formas, con una rejilla grande que permite ver al interior y ventilar la cavidad, con una rejilla para ventilación y una puerta para la lectura o con perforaciones, circulares o cuadradas para ventilación y puerta para lectura. El tipo de registro depende del fabricante. El primero combina en uno solo la ventilación y el espacio para lectura, los otros 2 disponen de puertas para hacer la lectura. La Ilustración 6. Tipos de ventilación y registro para lectura, ventilación por agujeros y registro separado con puerta (1), ventilación y registro a través de rejilla (2) y rejilla para ventilación con puerta para lectura (3). Muestra el gabinete con ventilación por agujeros y registro separado

con puerta, ventilación y registro a través de rejilla y gabinete con rejilla para ventilación y puerta para lectura.

Ilustración 6. Tipos de ventilación y registro para lectura, ventilación por agujeros y registro separado con puerta (1), ventilación y registro a través de rejilla (2) y rejilla para ventilación con puerta para lectura (3).



Respecto a la forma de instalación se encontraron 2 modalidades, un tipo de gabinete es sobrepuesto a la pared y se instala por medio de pernos que sujetan la cara posterior. El otro tipo es empotrado, existe una cavidad en la pared donde esta contenido el medidor, dentro de la cavidad se encaja un marco que soporta la puerta constituyendo así el gabinete. Esta condición depende del sitio de la instalación. La Ilustración 7. Tipos de instalación del gabinete, sobrepuesto a la pared (1) y empotrado (2). Muestra la instalación de un gabinete sobrepuesto a la pared y otro empotrado.

Ilustración 7. Tipos de instalación del gabinete, sobrepuesto a la pared (1) y empotrado (2).



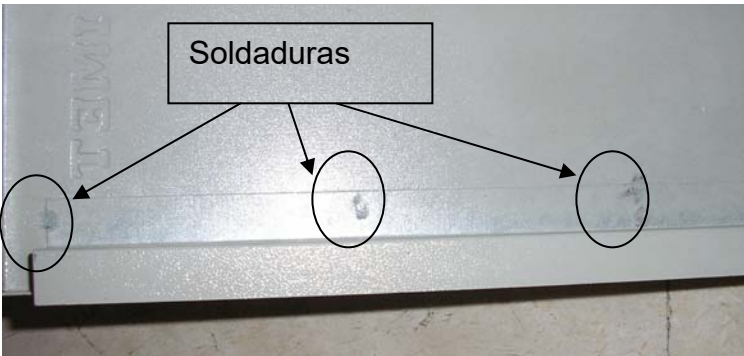
1



2

En cuanto a la manufactura, también dependiente del fabricante, se observan diferencias en cuanto a la cantidad de partes que componen el gabinete, encontrando diferencias en cuanto a la cantidad y complejidad de las piezas. El método de unión de las láminas es soldadura de punto. El detalle de la soldadura puede verse en la Ilustración 8. Detalle soldadura de punto utilizada en el gabinete. Las dimensiones encontradas son muy variables por lo que no se encuentra un parámetro normalizado en cuanto al tamaño del gabinete aunque casi todos están por debajo de 40 x 40 x 16 cm. Este espacio se utiliza para alojar el conjunto medidor – válvula con dimensiones inferiores a 20 x 20 x 10 cm., dejando el espacio restante como acceso para la instalación y mantenimiento de los aparatos. Solo uno de los gabinetes evaluados, supera esas dimensiones, se encontró que es una instalación comercial y no una residencial como las demás. Todos los gabinetes evaluados son para un medidor. Se limita el alcance del proyecto a gabinetes de tipo residencial para un solo medidor.

Ilustración 8. Detalle soldadura de punto utilizada en el gabinete.



Como se comenta y puede verse en las fotos, no existe uniformidad en los gabinetes instalados actualmente en sus principales características. Tal como se muestra las características dependen principalmente del fabricante. La.

Tabla 1. Resumen de algunas características de los gabinetes instalados evaluados. Muestra un resumen de las características de los gabinetes evaluados en la investigación.

Tabla 1. Resumen de algunas características de los gabinetes instalados evaluados.

Característica	Cantidad		
Cerradura	Triangular	Tornillo	
	12	13	
Bisagra	Completa	Pestaña	Dividida
	13	10	2
Ventilación	Rejilla	Agujeros	
	16	9	
Registro	Por rejilla	Puerta	
	13	12	

1.1.2 Estado de los gabinetes en servicio y problemas. Para determinar el efecto del uso sobre el estado de los gabinetes instalados, se revisan 25 gabinetes en diferentes zonas de la ciudad de Medellín. Son los mismos utilizados para determinar las propiedades de los gabinetes, pero en este caso se analizan

respecto a características como corrosión, golpes y deterioro de la pintura.

Se entiende por corrosión la interacción de un metal con el medio que lo rodea, produciendo el consiguiente deterioro en sus propiedades tanto físicas como químicas. La característica fundamental de este fenómeno, es que sólo ocurre en presencia de un electrolito, ocasionando regiones plenamente identificadas, llamadas estas anódicas y catódicas: una reacción de oxidación es una reacción anódica, en la cual los electrones son liberados dirigiéndose a otras regiones catódicas. En la región anódica se producirá la disolución del metal (corrosión) y, consecuentemente en la región catódica la inmunidad del metal (AVNER, 1981).

Se encuentra que 6 gabinetes presentan síntomas graves de corrosión (pérdida notable de material), en otros 18 se encuentran signos leves de corrosión en donde apenas hay un deterioro de la pintura, principalmente en las bisagras externas. Solo 2 se encuentran sin ningún signo de corrosión, uno de ellos debido a que había sido pintado recientemente. Las condiciones ambientales en los sitios evaluados no son extremas debido a que no hay fuentes de agua cercanas, todos están sometidos a condiciones de intemperie. No poseen sistemas de drenaje interno lo que facilita la acumulación de agua en el interior. En la mayoría de los casos se encuentran un deterioro de la capa de pintura.

En cuanto a golpes, solo uno de ellos, que está instalado en un parqueadero detrás del tope para la llanta, presenta un impacto. Algunos de los efectos y características mencionados se muestran en la Ilustración 9. Muestra del deterioro de los gabinetes instalados.



Ilustración 9. Muestra del deterioro de los gabinetes instalados.

Problema	Muestra
Impacto	
Acumulación de contaminantes	
Corrosión	 
Pintura no especificada hecha por el usuario	

Los casos que presentan signos avanzados de corrosión se muestran en la Ilustración 10. Detalle de 2 de los casos donde hay una muestra de pérdida grave del material., las partes ya muestran pérdida de material en múltiples lugares. Según informa el encargado del mantenimiento de esta instalación, el gabinete lleva entre 4 y cinco años en ese lugar. Se encuentra un caso que con menos de un año de instalado ya presenta signos de corrosión.

Ilustración 10. Detalle de 2 de los casos donde hay una muestra de pérdida grave del material.



1.1.3 Gabinetes comercializados. Para determinar la situación actual de venta de gabinetes y obtener una proyección de cómo evoluciona actualmente este producto se lleva a cabo una consulta con algunos fabricantes y comercializadores de gabinetes para medidores de gas en la ciudad de Medellín. Se encuentra, a diferencia de los gabinetes instalados, que en abril de 2006 existe uniformidad en cuanto a las dimensiones y a la pintura utilizada.

Todos los fabricantes consultados ofrecen un gabinete estándar de 40 x 40 x 16 cm. de profundidad en lámina de acero recubierta con pintura electroestática horneada. Los ofrecen con pared en la cara posterior o sin ella, lo que obedece al tipo de instalación deseada ya sea de sobreponer o de empotrar respectivamente. En cuanto a la ventilación es por medio de agujeros. La cerradura se consigue principalmente de tornillo aunque la de triángulo puede conseguirse bajo pedido. La sujeción de la puerta se consigue con bisagra o por medio de pestaña.

La siguiente tabla resume las características de los gabinetes según los fabricantes y comercializadores consultados.

Tabla 2. Resumen características de los gabinetes comercializados.

Fabricante	Pintura	Cerradura	Sujeción puerta	Fondo	Logo EPM	Lámina	Dimensiones	Precio \$col con fondo/sin fondo
Incamet	Electroestática homeada	Tornillo	Pestaña	Con y sin fondo	No	ND	40x40x16, 40x40x10	33000/28600
Tapasel		Tornillo	Bisagra	Con y sin fondo	No	ND	40x40x16, 40x40x10	35000/33000
Imet		Tornillo	Pestaña	Con y sin fondo	Si	ND	40x40x16	
John Wilson Henao		Tornillo o triangulo	Bisagra	Sin fondo	No	Cold Rolled Cal 20	40x40x16	39000/35000
Megal		Triangulo	Bisagra	Con y sin fondo	No	ND	40x40x16	35000/33000

ND: Dato No disponible

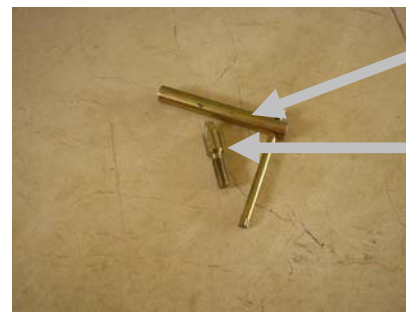
Para conseguir un mejor detalle en la investigación se estudia un gabinete manufacturado por IMET y comercializado por la misma empresa a nivel nacional. Se encuentra que sus características son similares a la de los demás gabinetes comercializados al momento del estudio.

Ilustración 11. Imagen de las partes del gabinete elaborado y comercializado por IMET S.A.



Lugar de  
instalación  
del sello de  
seguridad

Ventanilla  
para lectura  
del  
consumo en  
el medidor



La Ilustración 11. Imagen de las partes del gabinete elaborado y comercializado por IMET S.A. muestra el detalle del interior, de la puerta y del mecanismo de cierre. Puede observarse el tornillo utilizado para asegurar la puerta y la llave que utilizan las personas autorizadas para abrirlo, además es necesario romper el sello que se inserta en el alojamiento del tornillo para mostrar que el gabinete ha sido abierto. En la puerta del gabinete se incluye un aviso que especifica el uso del gabinete y advierte que no se debe fumar cerca al mismo.

En la parte superior del gabinete, así como en las caras laterales, se observan perforaciones que luego fueron tapadas nuevamente con láminas sobrepuestas y soldadas. La función de estas es facilitar la apertura de los agujeros necesarios para permitir el paso de los tubos que se conectan al medidor. Estas pueden retirarse reventando los puntos de soldadura para abrir los agujeros necesarios sin tener que hacer perforaciones ni recortes del gabinete, lo que a su vez mantiene la capa de pintura intacta. Esto puede verse en la siguiente ilustración.

Ilustración 12. Detalle de las tapas de los agujeros para la tubería en la cara superior del gabinete.



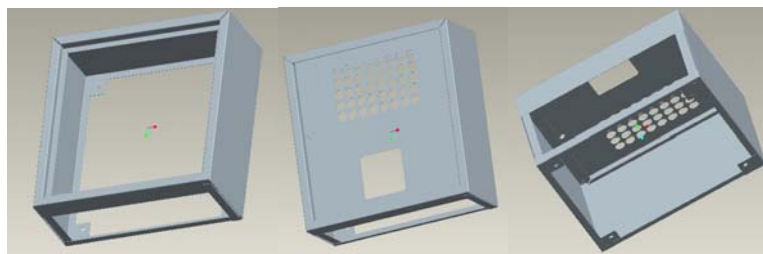
La siguiente ilustración muestra el aviso que requiere la especificación de EPM.

Ilustración 13. Detalle del aviso incluido en la superficie de la puerta del gabinete.



La Ilustración 14. Modelo del gabinete de IMET en Pro E. Muestra el resultado de la modelación del gabinete de IMET utilizando el módulo de lámina de Pro Engineer.

Ilustración 14. Modelo del gabinete de IMET en Pro E.



## 1.2 ESPECIFICACIONES Y NORMAS SOBRE GABINETES PARA MEDIDORES DE GAS

1.2.1 Especificación de EPM. La especificación suministrada por EPM para los instaladores y proveedores de instalaciones para suministro de gas establece lo siguiente:

El centro de medición del servicio de gas por red está conformado por el medidor volumétrico de gas, el regulador de presión, la universal, la válvula de corte y demás accesorios necesarios para la conexión de estos elementos a las correspondientes tuberías, como se ve en Ilustración 2. Imagen de un gabinete

para medidor de gas utilizado en Medellín, Colombia y especificación de sus partes. Las dimensiones del gabinete que alberga el centro de medición se determinarán de acuerdo con la capacidad y con la cantidad de los medidores propuestos en el diseño. Estos cuentan con una ventana para la lectura del flujo que debe ser visible al exterior para registrar la medida.

Dependiendo del tipo de edificación a ser atendida con el servicio de gas y de las facilidades locativas de las cuales se dispongan, los centros de medición podrán ser ubicados individualmente o en grupos.

Los medidores irán montados en nichos contruidos en mampostería o con gabinetes metálicos o de resinas sintéticas no combustibles, con puertas de material incombustible, ventiladas directamente al exterior si están localizadas en las fachadas, y dotadas de tornillos de seguridad. Las dimensiones mínimas del nicho dependerán del tipo de medidor seleccionado por diseño y acordes con los sistemas de instalación. Se tendrá en cuenta que los elementos que constituyen el gabinete del centro de medición quedarán debidamente separados de las tuberías que conforman las redes de gas para facilitar las labores de montaje, desmontaje y mantenimiento de los centros de medición. Una vez instalados los centros de medición, las partes susceptibles de corrosión se protegerán adecuadamente, ya sea por restitución de la protección o por la aplicación de pinturas epóxicas.

El centro de medición en casas unifamiliares se instalará en la fachada de la vivienda, dentro de un compartimiento de paredes incombustibles denominado nicho, (incluido el lagrimal con corta goteras), que le sirve de protección a todos los elementos que lo conforman, como se muestra en la Ilustración 2. Imagen de un gabinete para medidor de gas utilizado en Medellín, Colombia y especificación de sus partes. El nicho puede ser una caja prefabricada en concreto o metálica; también puede construirse en mampostería en la parte frontal de los muros o

empotrados en ellos. Las paredes del nicho serán pulidas, libres de aristas y no incluirán instalaciones eléctricas o de otros servicios.

Se dispondrá de un sistema de protección que puede consistir en una puerta provista de bisagras soldadas a un marco de hierro en ángulo, debidamente protegido interna y externamente con pintura anticorrosiva. La puerta puede ser en malla ondulada metálica que permita una buena ventilación e impedir la acumulación de gas, en caso de escapes, y llevará un sistema de cerramiento con tornillo de seguridad.

El sitio de ubicación del nicho será de fácil acceso para la lectura del medidor y de dimensiones tales que permita la realización de trabajos de mantenimiento, control, inspección, reparación y reposición. Su ubicación ofrecerá seguridad contra inundaciones, incendios, golpes de vehículos (especialmente cuando se encuentra cerca a garajes), actos de vandalismo y protección contra la humedad excesiva, agentes corrosivos y, en general, de cualquier factor que pueda producir el deterioro acelerado de los centros de medición. Se conservará una distancia mínima de cincuenta (50) centímetros con respecto a tableros eléctricos, tanto horizontal como verticalmente. Los medidores quedarán nivelados y con una separación mínima de cinco centímetros (5 cm.), respecto a las paredes del nicho. Las puertas pueden tener marcos reforzados e indeformables, de dimensiones proporcionales al tamaño del nicho.

Todos los medidores se marcarán, preferiblemente mediante placa en acrílico, de color amarillo y letras negras, con un aviso en el que diga: "MEDIDORES DE GAS", "NO FUMAR". El espacio de medición es para uso exclusivo del sistema de gas y por tanto está prohibido guardar en ella elementos de aseo, basura, plantas, recipientes, materiales de desecho o similares (EPMGAS, 2003).

1.2.2 Especificación española. En España existe la especificación técnica de gas



ETG65 (ETG65, 2001), en la que respecto a los centros de medición y gabinetes se especifica lo siguiente:

Respecto al armario, establece que su construcción será en poliéster-fibra de vidrio o plásticos, obra civil o metálico (preferentemente aluminio). Dispondrá de una cerradura con llave triangular o normalizada. Su dimensión será la suficiente para su montaje y mantenimiento. Los armarios que vayan a ser instalados en el interior de un local deberán ser estancos y su ventilación deberá desembocar directamente al exterior del inmueble. Los Conjuntos de Regulación ubicados en el exterior, no necesitan rejillas de ventilación (ETG65, 2001).

1.2.3 Comparación de lo observado respecto a la especificación local. Los gabinetes que mayormente se comercializan en abril de 2006 son de 40x40x16cm. Son fabricados en lámina metálica de calibre 20 a 18, recubiertos con pintura electroestática horneada de color gris con tonalidad verde. La puerta se sujeta al gabinete por medio de una pestaña que se aloja dentro del mismo en uno de los lados como se muestra en Ilustración 5. Detalle del sistema de sujeción de la puerta, con bisagra completa (1), con pestaña mostrando la puerta montada (2) y desmontada (3) y con bisagra dividida (4). Se utiliza un tornillo de cabeza triangular (es diferente tornillo de cabeza triangular que cerradura triangular como se muestra antes) alojado en un cilindro para asegurar la puerta al gabinete, el cilindro dispone de un agujero para sujetar un testigo de aperturas no autorizadas, es decir un alambre con un sello de plomo que muestra si se ha abierto el gabinete.

El gabinete cuenta con agujeros que permiten la ventilación del interior. La lectura del medidor se hace por medio de una puerta que se desliza en forma paralela a la cara frontal del gabinete, con lo que se cumple con la especificación de EPM de contar con una ventana para la lectura del flujo que debe ser visible al exterior para registrar la medida.

No se tiene información de que se construyan bajo ninguna norma, que se cumplan especificaciones especiales respecto a resistencia a la llama ni a las cargas externas. La dimensión es una práctica común más no obedece a ningún estándar reconocido, según la especificación de EPM (EPMGAS, 2003) las dimensiones del gabinete que alberga el centro de medición se determinarán de acuerdo con la capacidad y con la cantidad de los medidores propuestos en el diseño, según lo cual el no se especifica una dimensión requerida. El caso estudiado es para medidores instalados en forma individual es decir que contienen un solo medidor.

Los medidores van, según lo observado, montados en gabinetes metálicos pintados de los cuales se desconoce si son no combustibles. La puerta ventila directamente al exterior por medio de agujeros y está dotada de un tornillo de seguridad.

Según lo que se ha observado los gabinetes, no cuentan con una protección adecuada contra la corrosión ya que la mayoría de los observados presentan signos de corrosión o pérdida de la capa de pintura.

Los centros de medición observados se han instalado en la fachada de la vivienda, dentro de un compartimiento de paredes de lámina, rodeado por concreto y ladrillos. En algunos se incluye un lagrimal o corta goteras. Las paredes del nicho no incluyen instalaciones eléctricas o de otros servicios. El término libre de aristas mencionado en la especificación no es claro.

Se dispone de una puerta que puede ser abierta. La puerta no es en malla pero cuenta con agujeros para ventilación que impide la acumulación de gas, lleva un sistema de cierre con tornillo de seguridad.

No todos los medidores se encuentran marcados con el aviso: "MEDIDORES DE GAS", "NO FUMAR".

### 1.3 GABINETES DE USO GENERAL EN PLÁSTICO REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO (PRFV)

Se observa en el catalogo de diferentes productores (THOMAS, 2006), (ALLIED, 2006), (INDELEC, 2006), de gabinetes, cajas y productos similares, que es común la utilización de PRFV para elaborar gabinetes, consiguiendo propiedades que comparadas con los materiales convencionales como metales, resultan en ventajas técnicas y competitivas.

La empresa Allied Moulded Products (ALLIED, 2006) fabrica gabinetes para elementos eléctricos en material compuesto, lo que demuestra como dentro de las aplicaciones de las técnicas desarrolladas para fabricar productos en materiales compuestos es posible elaborar gabinetes. La producción de gabinetes para medidores de gas en material compuesto según esto es también posible.

Allied Moulded Products (ALLIED, 2006) menciona que sus cajas en fibra de vidrio (fibra de vidrio se usa comúnmente para referirse a piezas elaboradas en plástico reforzado con fibra de vidrio, se usará la sigla PRFV para referir este término) ofrecen algunas ventajas de materiales no metálicos incluyendo: mayor resistencia mecánica específica, peso reducido, resistencia a la corrosión, baja conductividad eléctrica, menores costos y facilidad de instalación. Otro fabricante (INDELEC, 2006) ofrece productos similares para la industria, que poseen certificación de estanqueidad de la IEC: International Electro technical Commission).

Thomas Products (THOMAS,2006) es otro fabricante norteamericano de productos entre los cuales hay algunos de fibra de vidrio; las aplicaciones disponibles existen cajas para baterías, gabinetes para: aparatos de respiración, equipos defibriladores, equipos de emergencia en edificios, mantos protegidos contra el fuego, extinguidores y mangueras contra incendio, equipos de primeros auxilios, gabinetes de gran tamaño para almacenamiento de equipos incluso bajo

condiciones extremas en múltiples colores y formas, para chalecos salva vidas, para almacenamiento de placas de identificación u hojas de seguridad de productos, para proteger contra derrames equipos especiales, entre otros. Esta amplia gama de soluciones muestra la variedad de productos que se pueden materializar en fibra de vidrio.

Se incluye en la línea de Thomas Products accesorios especiales para el montaje y la organización interior. Uno de los productos de la línea que llama la atención por su relación con el proyecto son los gabinetes para almacenar equipo sensible, que permite protegerlo de condiciones exteriores, pueden instalarse incluso con amortiguadores de vibraciones. Los productos se manufacturan con características como ventanas translúcidas, manijas de cobre para el usuario, bisagras en acero inoxidable, seguros de apertura rápida o con llave, lo que demuestra la posibilidad de incluir insertos de otros materiales dentro de las piezas de fibra de vidrio. Se manufacturan bajo la patente 4998587 de la oficina de patentes de Estados Unidos (LLOYD, 1989).

Otros como Automation Direct, CO2, Moes Realm, fabrican o distribuyen piezas en fibra de vidrio para aplicaciones tan amplias como la automatización hasta específicas como la instalación de parlantes para automóviles.

Se encuentra en la guía técnica española para instalaciones de gas que el armario para alojar el medidor será construido en poliéster fibra de vidrio o plásticos con una calidad determinada como M2 que se relaciona con la resistencia al fuego y otras propiedades de los materiales de construcción (ETG65,2001).

#### 1.4 MANUFACTURA DE GABINETES PARA MEDIDORES DE GAS EN MATERIAL COMPUESTO

Los materiales compuestos son una creciente alternativa para reemplazar componentes metálicos en diferentes tipos de industrias (automotriz, aviación,

etc.); esto es impulsado, entre otras ventajas por piezas con mejores propiedades mecánicas, elevada resistencia a la corrosión, resistencia a la llama, menor peso, formabilidad y durabilidad, conductividad eléctrica y costos decrecientes, debidos principalmente a la evolución tecnológica. La evolución de este tipo de materiales, junto con el reconocimiento de sus ventajas, ha llevado a la aparición de numerosos procesos adaptados de acuerdo a los requerimientos de diseño (MIRAVETE, 2001).

Dentro de los procesos de manufactura de materiales compuestos existen algunos denominados como avanzados, en comparación con procesos como el de laminación manual y laminación por proyección (spray up) de plásticos termoestables reforzados con fibras, conocidos por dar lugar a ventajas adicionales como son baja emisión de estireno a la atmósfera (hasta 10 veces menos que en molde abierto (EMISION,2004)), condiciones de trabajo más limpias, mayor consistencia de calidad de las piezas laminadas, buen acabado superficial en ambas caras y mayor productividad.

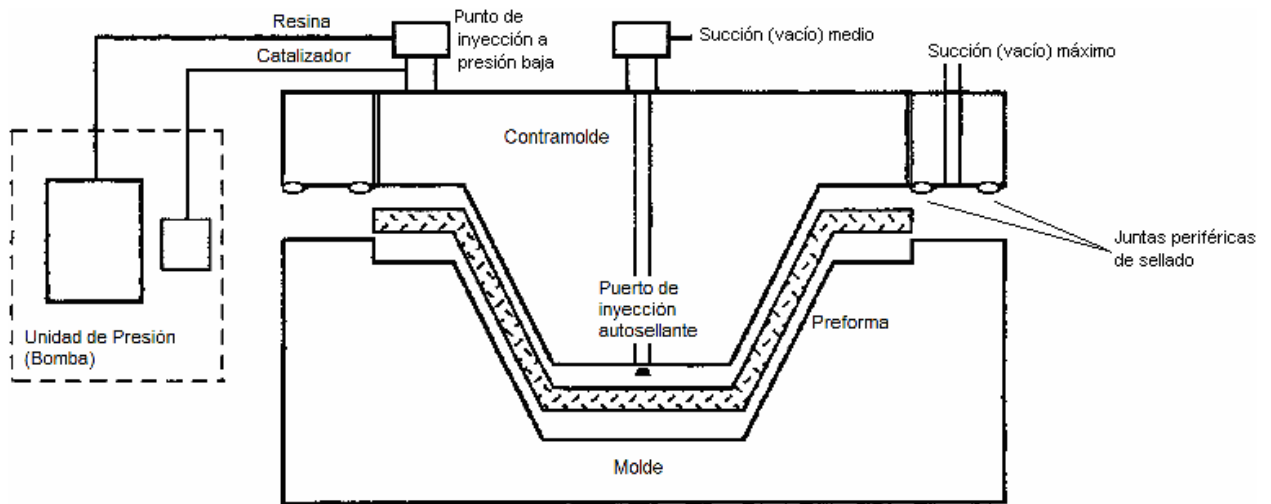
Uno de estos procesos avanzados es el de transferencia de resina a un molde cerrado, RTM por “Resin transfer moulding”. El principio del molde cerrado consiste en el posicionamiento de un refuerzo de fibra o preformas dentro de la cavidad de un molde, que posteriormente se cierra empleando un contramolde, para luego inyectar resina a través de la cavidad del mismo. La principal diferencia del moldeo por transferencia con los demás procesos radica en que en este caso se mantiene separado el refuerzo de la resina hasta el último momento del moldeo.

Una variante del proceso RTM utiliza presiones sub-atmosféricas para promover el flujo de la resina termoestable al interior de la cavidad del molde. También se utiliza vacío para mantener unidas las 2 partes del molde. Con ello se consigue principalmente una reducción del costo de las herramientas requeridas para llevar

a cabo el proceso. El hecho de ayudar la inyección con vacío hace que la presión requerida para inyectar la resina sea menor llevando a su vez a que se requieran moldes menos robustos. Al final del curado o polimerización, se obtiene una pieza plástica reforzada con fibras. Este proceso se conoce como RTM Light, por ser los moldes más ligeros que los del RTM convencional. Existen procesos similares como VARTM ("Vacuum assisted RTM"), VAC Flo, "Vacuum Infusión" y "Vacuum moulding", que utilizan vacío pero se diferencian en el contramolde, en como se hace el cierre del molde y desde que punto se hace la inyección de la resina (SGV, 2005).

La Ilustración 15. Esquema del proceso de inyección por molde cerrado muestra un esquema básico del moldeo por transferencia de resina. Se puede distinguir de derecha a izquierda la existencia de 2 juntas entre las cuales se ejerce vacío creando una cámara de sello. La inyección de resina y catalizador se hace en forma periférica a la pieza buscando que el flujo converja al centro donde se ubica la succión, aunque también puede hacerse del centro a la periferia. Al ejercer vacío en el interior del molde, las 2 partes se mantienen unidas por efecto de la presión atmosférica. Las fases del proceso son en general preformado o ubicación de los refuerzos en la cavidad, inyección y curado.

Ilustración 15. Esquema del proceso de inyección por molde cerrado



Modificada de (FONG, 1998)

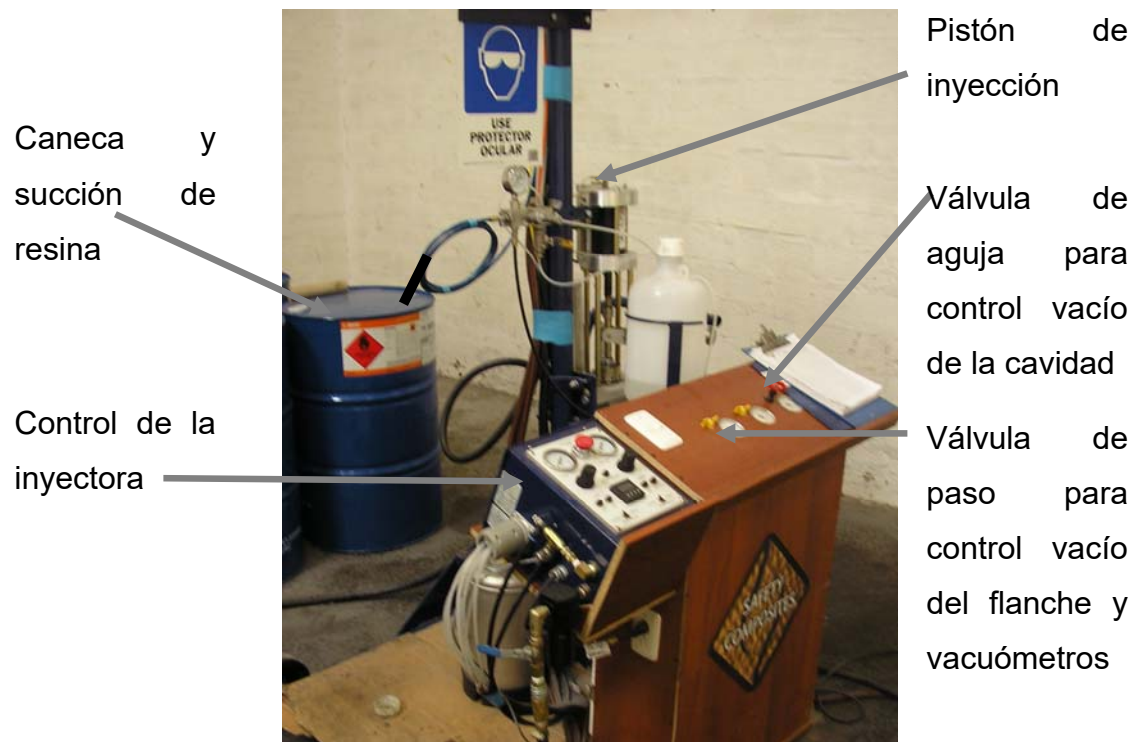
Los moldes para la conformación de piezas por este proceso son fabricados en composites (término en ingles que traduce compuestos, utilizado para referirse a los materiales compuestos), logrando un menor peso, costo y mayor facilidad de manipulación respecto a los moldes de acero del RTM convencional (MIRAVETE, 2001).

Uno de los elementos constitutivos de estos materiales compuestos, en los casos en que se utilizan resinas como la de poliéster, es el estireno; líquido de baja viscosidad, incoloro y polimerizable que es empleado como diluyente de resinas poliéster saturadas (BASF, 2006).

Los métodos de fabricación por molde abierto están siendo sustituidos por procesos con molde cerrado reduciendo rápidamente las emisiones de estireno. En promedio los primeros liberan aproximadamente el 11% del estireno contenido en la resina comparados con los procesos por molde cerrado con emisiones entre el 1% y el 3% (MINNESOTA, 2006).

La empresa Safety Composites Ltda. Ubicada en la ciudad de Medellín, posee equipos para llevar a cabo el proceso de RTM Light. Siendo su interés encontrar aplicaciones potenciales de su proceso productivo, ha decidido apoyar este proyecto para evaluar la viabilidad técnica de su proceso para solucionar el problema planteado. El equipo principal para llevar a cabo el proceso de RTM Light se muestra en la siguiente ilustración.

Ilustración 16. Equipo para inyección de resina y panel de control para el sistema de vacío de Safety Composites.



## 1.5 RTM

El RTM es en esencia un proceso simple de tres pasos: preformado, inyección y curado, pero en realidad se requiere de un adecuado control de un elevado número de variables durante todo el proceso. El procesamiento en cada una de las fases esta íntimamente relacionado con la calidad de la pieza final.



En la literatura estudiada se han encontrado 2 enfoques: uno teórico encontrado (POTTER, 1997) y un enfoque práctico como el visto en la literatura comercial de proveedores de materias primas y equipos como (SGV, 2005), (BASF, 2006), (CROMITEC, 2001), o en guías técnicas como (MOSSETI, 2001).

1.5.1 Teoría de RTM. El estudio teórico del RTM separa desde el principio las fases de inyección y curado, de forma que la modificación de la viscosidad debida a la gelificación de la resina no tiene efecto significativo en la inyección (POTTER, 1997).

Flujo de la resina. Al tomar un material de refuerzo y hacer pasar por él un flujo de resina por el efecto de un gradiente de presión, se observan 2 fenómenos que suceden simultáneamente. Por un lado se constituyen unos canales de flujo entre las fibras que componen el material de refuerzo dando lugar a un flujo principal ("bulk flow"). Adicionalmente cada mecha de refuerzo (dado que el refuerzo es en forma de fibras) debe ser humectada por la resina, es decir debe absorber un volumen de resina constituyendo un flujo lateral.

La viscosidad de la resina mezclada (con el catalizador) varía con la temperatura, efecto que tendrá lugar por ejemplo si la mezcla y el molde no se encuentran a la misma temperatura.

Fenómenos de curado. En general el curado de la resina comienza cuando se mezcla esta con el catalizador de la reacción de polimerización, aunque es posible que se usen inhibidores para retrasar el proceso o que la reacción no comience hasta que se alcance cierta temperatura por efecto de una fuente de calor externa. En adelante se hablará de resinas que catalizan por efecto de una sustancia adicionada a la mezcla, y no las que curan por efecto del calor, como es el caso de las resinas orto e isoftálicas de poliéster instaurado para moldeo manual y spray up catalizadas con peróxido de metil etil cetona (MEKP).

Durante el curado se presentan 3 fenómenos. El primero es la liberación de calor por parte de la resina. A mayor cinética de la reacción mayor será el flujo de calor y más alto el pico exotérmico. En un caso extremo el calor liberado puede ser suficiente para degradar la resina o generar problemas de acabado, también puede afectar la vida útil del molde.

El segundo efecto es el incremento en la viscosidad. A medida que la resina cura se incrementa su viscosidad con el incremento de su peso molecular, debido a la polimerización.

El tercer efecto es el encogimiento. Este comenzara en el estado líquido y continuará durante el curado hasta que cese la reacción química. La información de encogimiento esta disponible en algunos casos por parte del productor de la resina. Algunas resinas de poliéster incluyen aditivos “low profile” que se expanden durante la cura y compensan el encogimiento de la resina (POTTER, 1997).

Los pasos de la resina durante el curado son descritos en la literatura por medio de una curva de curado, donde se observa como se incrementa la temperatura hasta un pico denominado pico exotérmico y luego empieza a caer. En la práctica se considera que la pieza ha curado cuando alcanza el pico exotérmico aunque realmente la polimerización continúa mas allá de ese punto (SUAREZ, 2006).

Cada paso del proceso afecta a los pasos siguientes, teniendo efecto sobre el proceso en sí y sobre la calidad de la pieza final. Por ejemplo, la microestructura de la preforma debe ser diseñada pensando no sólo en la carga termo - mecánica que la pieza final sufrirá, sino también pensando en la influencia que va a tener en la permeabilidad (facilidad con que se logrará la impregnación de la resina en la fibra) y por tanto en el tiempo de llenado del molde, de esta manera también tiene influencia la selección de la resina, su viscosidad, y la temperatura de procesado,

que también afecta a la selección de los materiales para trabajo y el tiempo de desmolde. De manera similar, el proceso de inyección debe hacer un balance entre: el deseo de tener un rápido llenado del molde y la integridad de la microestructura de las fibras, evitando que estas se muevan durante el llenado del molde, la impregnación de las fibras y la eliminación de burbujas del molde.

De esta forma la selección de la resina, la temperatura del molde, la presión y viscosidad deben estar controladas para preservar la integridad de la preforma (Preforma se denomina al material de refuerzo al que previo a su inserción en la cavidad del molde se le ha dado una forma cercana a la final con el fin de asegurar su integridad al momento de cerrar el molde, evitando que se deforme y se modifiquen sus propiedades). De la misma forma el molde debe estar diseñado teniendo en cuenta además de la forma y características de la pieza, las especificaciones de inyección, permeabilidad, curado y desmolde.

**Materiales.** Las materias primas base para el RTM son las fibras y las resinas. La selección de la fibra de refuerzo está basada en los requerimientos mecánicos de la pieza, los requerimientos medioambientales y el costo. Existe una gran variedad de tipos de fibra para utilizar en RTM: varios tipos de vidrio, de carbono y aramida. Estos pueden estar disponibles en rollos (roving) o procesados con diferentes tecnologías textiles tanto bidimensionales como tridimensionales. Como se explica antes, el material de refuerzo se introduce en la cavidad de moldeo antes de cerrar el molde e inyectar. Para ellos es necesario que el refuerzo, independiente de su tipo, se recorte de la forma adecuada, se le de la forma y si es necesario se conforme utilizando un adhesivo llamado Binder (medio no volátil que conserva unidas las fibras manteniendo la integridad del manto de refuerzo (UNISTATES, 2006). La estructura compuesta al recortar el material de refuerzo y darle la forma adecuada para luego introducirlo en la cavidad de inyección se llama preforma como se explica antes.

Existen numerosos sistemas de resina disponibles para RTM. Para poder ser incluidos en esta categoría la resina debe satisfacer diversos requerimientos. Por consideraciones de proceso, la resina debe tener baja viscosidad (entre 50 y 500 centipoises) durante todo el proceso de inyección. Otras características del proceso son: compatibilidad con la fibra, baja volatilidad y baja emisión de gases durante el curado. En términos de propiedades de la pieza final las características de la resina a considerar son: resistencia, rigidez, tenacidad, adhesión a las fibras, temperatura de servicio y resistencia a agentes medioambientales. Los sistemas de resinas para RTM incluyen poliéster, viniléster y uretanos, epoxi y fenólicos y poliimidas.

La permeabilidad es la medida de la facilidad de la resina para fluir a través de la preforma y tiene unidades de área. Puede ser altamente direccional (anisótropa), lo cual es importante a la hora de diseñar el molde, las entradas de resina, y las salidas de aire. Es afectada por la compactación y por la arquitectura de la preforma.

Como el molde y la resina de inyección son ambos de poliéster, es necesario agregar un agente desmoldante a la superficie del molde para evitar que la pieza inyectada se adhiera.

Moldes y herramientas. El molde es la herramienta que da la forma final de la pieza. Los objetivos finales de un molde son alojar la preforma para que sea rellena de resina antes de que comience la gelificación y evitar zonas sin impregnar y la formación de burbujas. Debe ser diseñado no solo para dar forma a la pieza sino también considerando otros aspectos como entradas de inyección, salidas de aire, permeabilidad, curado y desmolde, sellado y succión.

De esta forma al diseñar el molde es necesario considerar primero que una vez inyectada la resina sea posible abrirlo y extraer la pieza inyectada sin dañarla.

Para ello es necesario que el ángulo de salida sea positivo (que las paredes paralelas al eje de apertura se alejen de ese eje al recorrerlas en la dirección de apertura).

La construcción del molde en PRFV se hace a partir de un modelo. Sobre el modelo se hace un laminado manual empezando con la superficie de la cavidad donde se aplica una pintura de poliéster llamada gelcoat con mayor resistencia química y térmica (MIRAVETE, 2001).

En el Anexo A se encuentra una tabla con detalles para la geometría de la cavidad de inyección.

En el caso del RTM Light se requiere adicionalmente:

- Un canal periférico donde no se ubica refuerzo por el cual fluirá la resina hasta rodear la cavidad y del cual fluirá la resina al interior para llenar la cavidad, o donde una vez llenada la cavidad llegará la resina para fluir hasta el punto de vacío.
- Un punto de conexión de inyección por donde entrará la resina.
- Un canal formado por un empaque interior que evitará la salida de resina de la cavidad de inyección y un empaque exterior que separa el canal de vacío (flanche) del exterior del molde. En este canal se conecta el vacío máximo por medio de un conector instalado para tal fin. El área de este canal según la presión que se ejerza será la encargada de crear la fuerza de cierre dado que el exterior del molde está sometido a presión atmosférica.

Aparte del molde se requiere también, para llevar a cabo el proceso, la máquina que inyecta la resina. Esta consiste en un recipiente con la resina preacelerada, un recipiente con catalizador y otro con solvente. El equipo funciona con aire comprimido por lo que se requiere un compresor. Por una serie de mangueras se

llevan los componentes líquidos hasta una pistola en la entrada del molde donde se realiza la mezcla resina – catalizador. Se utiliza una válvula o algún mecanismo de cierre para controlar el flujo de resina a la cavidad de inyección. Al finalizar la inyección se limpian las mangueras y la pistola con solvente y aire.

Otro equipo requerido es la bomba de vacío. Se conectan mangueras de vacío en 2 puntos del molde. La primera, con el 100% de la capacidad de la bomba se conecta al canal de sellado, la segunda con un porcentaje inferior se conecta al centro de la cavidad de inyección. Por este punto saldrá la resina cuando se haya llenado la cavidad, se instala un recipiente cerrado llamado “Vacuum Pot” donde se almacena el exceso de resina para evitar que pase al sistema de vacío. En esta conexión debe controlarse el porcentaje de vacío ya que si es demasiado alto hará que se evapore el estireno de la resina impidiendo que cure correctamente, y si es muy bajo no promoverá la entrada de la resina a la cavidad dejando de cumplir la función para la cual es utilizado.

Diseño de piezas. Para diseñar una pieza que se va a manufacturar por el método de RTM Light es necesario tener en cuenta que su forma sea posible de obtener por medio de un molde cerrado, que las materia primas formen un material con las características adecuadas para la aplicación, que el volumen de piezas requerido justifique la construcción de un molde y que se disponga del equipo y del conocimiento necesario para montar el proceso productivo. El diseño de la pieza como tal, consiste en definir su forma y material. Y definir a partir de esto las demás variables que se presentan en la Anexo B.

Tabla 29. Identificación variables diseño de piezas y moldes.

Luego se continúa con el diseño del herramental agregando las características específicas al proceso que se presentan en la misma tabla en forma resumida.

En cuanto al diseño de la cavidad, se busca conseguir un flujo uniforme y predecible a través del refuerzo, evitando que el frente de flujo se distorsione con variaciones locales en el porcentaje volumétrico de refuerzo. Al mismo tiempo se requiere que las operaciones de limpieza y remoción de residuos (posterior a la inyección) se mantengan al mínimo. Adicionalmente puede requerirse que se minimice el tiempo de inyección o el desperdicio de resina.

Potter, (POTTER, 1997) presenta un listado de consideraciones que serán tenidos en cuenta a modo de buenas prácticas de diseño.

Costeo. Los principios de estimación de costos de componentes por RTM son los mismos que para cualquier otro proceso de manufactura. Los costos de materiales, herramientas, equipo deben ser calculados, como los requerimientos de mano de obra directa e indirecta y los demás costos indirectos (CIF). Un proceso de costeo desde abajo (se identifican los elementos de costo para agregarlos y encontrar los costos de producción) es adecuado en una fase avanzada del diseño, siendo el sistema mas simple la medición de los requerimientos materiales y de mano de obra mas una reserva para desperdicios.

Área de trabajo con el molde. Debe ser bien iluminada, ventilada y separada de áreas sucias donde se hace corte de fibra. Para el operario es recomendable que trabaje sentado y con el molde inclinado hacia él, evitando esfuerzos en la espalda. Bandejas para el transporte de las preformas.

El almacenamiento del material debe hacerse en condiciones de baja humedad y temperatura, manteniendo separados catalizadores de aceleradores y resinas de material de refuerzo limpio. No debe almacenarse material de refuerzo cerca al área de inyección dado que esta tiende a ser sucia. Dada la flamabilidad de las resinas puras, se deben llevar controles respecto a fuentes de ignición como fósforos y mantener las conexiones eléctricas en buen estado y protegidas.

El corte de las preformas genera niveles considerables de partículas al aire, por lo que debe haber extracción de aire. Debe hacerse con una excelente iluminación igual que la disposición de la fibra sobre el molde. Esta actividad debe hacerse separada de la zona de preparación de los moldes para evitar contaminación con desmoldantes. Pueden usarse bandejas para transportar los lotes de preformas o almacenarlos hasta que deban ser dispuestos en el molde. La ventilación frontal o lateral es adecuada.

Respecto a la inyección, aunque se reporta como una actividad limpia por el tipo de proceso, la presencia de diferentes elementos que deben mantenerse separados (resinas, disolvente, fibras, catalizador) representa riesgos de contaminación cruzada.

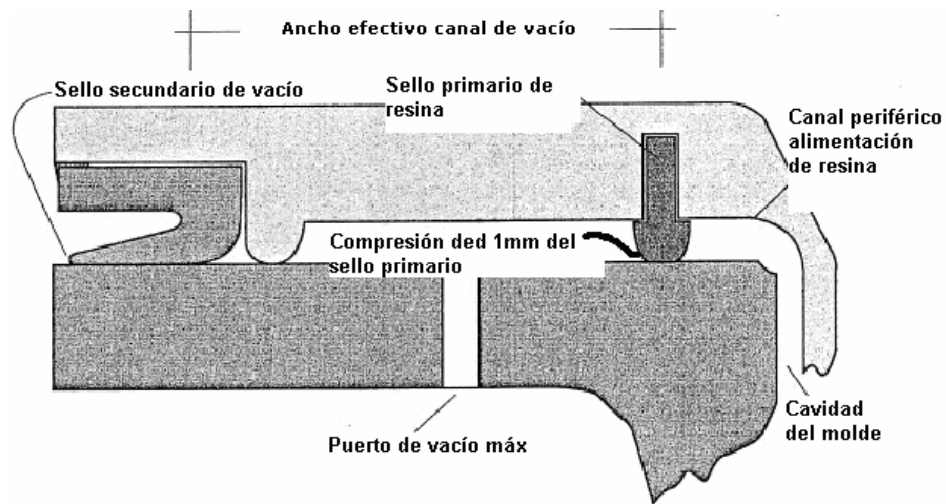
La actividad de terminado genera partículas que deben mantenerse lejos de los moldes abiertos, así como los residuos generados durante el desmoldeo. Deben mantenerse alejadas herramientas que puedan dañar la superficie del molde en las actividades donde este se encuentre abierto (POTTER, 1997).

Control de calidad. La función del sistema de calidad es demostrar que los productos entregados se construyen de acuerdo con las especificaciones y son así apropiados para la aplicación propuesta. El nivel de detalle requerido depende principalmente en la función de la parte y críticamente en las consecuencias de la falla del producto (POTTER, 1997). Se hace necesario disponer de un protocolo, donde se especifica: las variables a medir y a controlar y la documentación necesaria del material, del proceso y del producto en sus diferentes fases. El protocolo se conforma por una serie de procedimientos y registros.

La siguiente ilustración resume las características que se han comentado sobre el molde y que se requieren para el proceso explicado.



Ilustración 17. Detalle del molde para RTM Light.



ANDERCOL, 2005

Como se menciona antes el RTM Light utiliza la ayuda del vacío para hacer el cierre del molde y para inducir el flujo de la resina a la cavidad permitiendo que se puedan tener moldes menos robustos y evitando la necesidad de prensas hidráulicas para hacer el cierre.

Problemas principales del RTM Light. Se han identificado los siguientes problemas comunes a este proceso durante el diseño y durante la manufactura:

Insertos en las piezas: Para incluir insertos de otro material en la pieza final, es necesario disponer de un medio para sujetarlos durante la inyección evitando que se muevan por la cavidad y queden en el lugar equivocado.

Bolsas de aire: Por la facilidad con la que puede fluir el aire es importante aparte de asegurar una instalación correcta del molde (principalmente sin cambios fuertes de dirección) asegurar que las conexiones de mangueras sean buenas y que el molde no tenga grietas para evitar la entrada de aire que quedará como burbujas en la pieza final.

Parches secos. Estos son zonas donde el refuerzo no queda impregnado por la resina. Pueden ser causados por problemas en la construcción del molde al calibrar mal el espesor de la cavidad, también cuando el mecanismo de alineación y sujeción de las partes del molde no es firme. Otra causa es la mala ubicación del “Catch pot o Vacuum pot”.

Grietas en esquinas. En las esquinas con bordes fuertes (radios menores a 5mm) se crean zonas ricas en resina, es decir sin refuerzo, que se desprenden fácilmente.

Rebose del “Catch pot”. Dado que el contramolde es delgado y flexible durante la inyección este se deforma y permite que entre un mayor volumen de resina. Cuando se deja de inyectar el contramolde recupera su forma y más resina pasa al recipiente puesto que se sigue ejerciendo vacío. Para evitarlo se debe detener la inyección antes que la resina llegue al recipiente y conocer el volumen de la cavidad para determinar cuanto inyectar.

Resina en el flanche de vacío. Puede indicar un mal sellado del empaque primario (el interior) por ejemplo debido a cambios fuertes de dirección. Una solución puede ser instalar un empaque dinámico que tiene un conducto interior donde se aplica presión positiva para mejorar el sellado. También es posible que el mal sello sea ocasionado por material de refuerzo puesto en el punto de apoyo del empaque, o debido a que se utiliza una presión de inyección que supera la fuerza de cierre del molde y separa las partes. Una causa adicional es debido a una pérdida temporal de la presión de vacío que mantiene cerrado el molde. Debe mantenerse esta incluso después de la inyección hasta que sea momento de abrir el molde.

La tabla que resume las principales variables identificadas para el diseño y procesamiento del producto deseado se presentan en la Tabla 29. Identificación variables diseño de piezas y moldes. que se encuentra en el Anexo B.

## 1.6 CONCLUSION

En este punto se tiene un análisis detallado del concepto actual del objeto de estudio, a partir del cual se establecen las características requeridas para desempeñar su función, los problemas que presenta la solución actual y los límites que definen una solución satisfactoria, junto con las especificaciones de la guía técnica vigente. Además se establece una caracterización tecnológica respecto al proceso, al herramental y a la aplicación, con lo que se establece la base para iniciar la síntesis del concepto de diseño.

## 2 DISEÑO

Este capítulo presenta el proceso de diseño del artefacto propuesto como objeto de estudio.

El capítulo anterior presenta una definición del producto analizado, junto con las razones que justifican el proceso de rediseño. En este capítulo se hace inicialmente una definición y explicación de la aproximación que se utiliza. Posteriormente se presenta un listado de requerimientos de diseño con el cual se guía la síntesis conceptual. El diseño se lleva a cabo en forma metódica, buscando evitar los problemas que acarrea una búsqueda de soluciones por prueba y error (desperdicio de tiempo, baja efectividad, alta influencia de la inercia psicológica, etc. (SAVRANSKY, 2001).

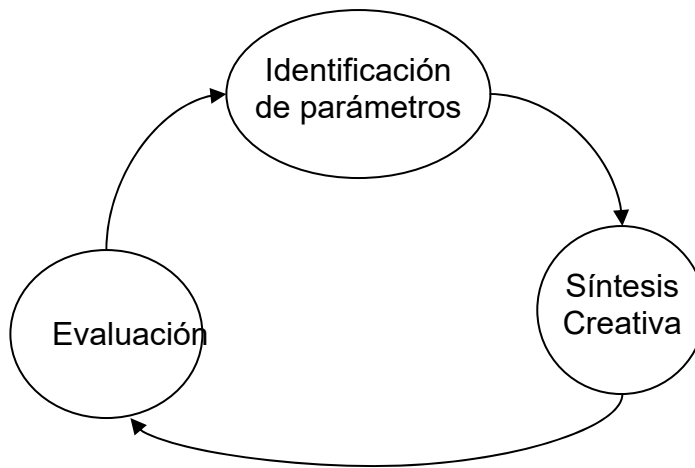
El proceso se inicia con la detección de una disminución en el desempeño de los gabinetes actualmente en servicio. A pesar de ser un producto planeado para 8 años de servicio, se encuentran muestras con menos de un año en servicio que ya presentan signos de corrosión. Se percibe la necesidad de una alternativa con mejor resistencia a la corrosión entre otras necesidades.

### 2.1 METODOLOGÍAS DE DISEÑO

Se consideran básicamente 2 aproximaciones para el diseño conceptual.

La primera metodología se denomina análisis paramétrico (KROLL, 1997). El proceso se define como un ciclo cerrado descrito por la siguiente figura:

Ilustración 18. Ciclo del análisis paramétrico de Kroll.



(KROLL, 1997)

La Ilustración 18. Ciclo del análisis paramétrico de Kroll. Muestra como en esta metodología se llevan a cabo 3 actividades secuenciales. Una, la identificación de parámetros consiste en identificar los asuntos, factores, conceptos o influencias que ayudan a entender el problema y de esa forma apuntar hacia una solución potencial. Uno de los objetivos es simplificar los parámetros para concentrar la actividad creativa en un asunto a la vez. En segundo lugar se encuentra la síntesis creativa, donde se define una o varias configuraciones físicas basándose en los conceptos de la identificación de parámetros. Finalmente, la configuración propuesta, es evaluada para verificar en que medida la realización física es una solución. Se evalúa de 3 formas, respecto a los requerimientos del diseño, entre diferentes configuraciones o buscando debilidades de la configuración. Las fases se abrevian respectivamente IP, SC y E.

La síntesis creativa promueve la generación de conceptos, que a través de la evaluación, ilustrarán la identificación creativa del siguiente parámetro conceptual, de forma que se cierra el ciclo paramétrico; aunque este no sea necesariamente

una buena solución, es un paso adelante en el proceso hacia un mejor entendimiento del problema. En resumen hay un viaje continuo entre de un espacio conceptual hacia un espacio de configuración, lo que se define como realización; el paso en sentido opuesto se denomina abstracción.

Se establecen varias premisas para el proceso como se muestra a continuación:

- Hay una justificación o razón conceptual detrás de cada atributo del objeto.
- El enfoque apunta hacia uno o pocos asuntos críticos a la vez.
- Previo al análisis paramétrico se hace una fase de identificación de tecnologías para llevar a cabo la función deseada.

Respecto a las fases previas a la síntesis, esta metodología se orienta a ejecutar pasos alrededor del problema que permiten adentrarse más en él, partiendo de una necesidad inicial hasta llegar a los requerimientos específicos. Los pasos previos, denominados análisis de la necesidad, son:

- Definición del problema
- Necesidad inicial
- Análisis de necesidades
- Requerimientos de diseño.

La otra metodología considerada es el contenido de una idea de producto de Hansen & Andreasen. A diferencia de la metodología de Kroll con niveles secuenciales de entendimiento del problema, esta metodología establece la existencia de múltiples dimensiones en el origen de la idea de un producto. La base de la metodología se muestra en la siguiente ilustración.

Ilustración 19. Orígenes de la idea de un producto según Hansen y Andreassen.



H&A, 2005, Traducido.

Esta percepción puede concebirse como una comprensión más integral de la situación que pretende un alcance más amplio desde el principio, donde el enfoque no se limita a la necesidad sino también a otras direcciones en las que se pueden definir parámetros esenciales de la idea del producto (H&A, 2005).

Los conceptos pueden parecer extremadamente diferentes, ya que una de las metodologías se presenta como unidimensional, mientras que la otra es en esencia multidimensional, pero si se comprenden las actividades que considera cada paso de la metodología de Kroll (el análisis de la necesidad puede descomponerse en una visión amplia donde el objetivo apunta a múltiples puntos: valor, tamaño, seguridad), se entiende que la metodología de Kroll no es tan sesgada como cuando se compara una visión multidimensional con una unidimensional de un mismo problema.

## 2.2 SELECCIÓN DE LA METODOLOGÍA

El proceso que se sigue en la síntesis conceptual, consiste en una secuencia de pasos secuenciales que se adentran a partir de un problema definido. Se entiende así, que se sigue la metodología de Kroll, tanto para la descripción y comprensión del problema (análisis funcional y de la necesidad) como para la síntesis de diseño (Análisis paramétrico). Las razones consideradas son 2. Primero el origen único del modelo de Kroll brinda una fuente mejor definida de donde puede empezar el proceso. Se busca abrir el abanico dimensional más adelante en el proceso cuando se tiene una mejor comprensión. De esta forma el análisis de la necesidad se convierte en un paso de confluencia de múltiples factores. Así el diseño conceptual del producto queda dividido en 2 secciones: la primera corresponde a la identificación y análisis de la necesidad, la segunda es el análisis paramétrico.

El proceso inicia con la definición de una necesidad, a partir del cual se empieza un proceso para establecer consideraciones más profundas del problema. Por ejemplo la necesidad inicial no establece que se deba exigir resistencia al fuego del material, pero a través de un posterior análisis multidimensional de la necesidad se considera este aspecto y se incorpora a los requerimientos.

El objeto de estudio propuesto es un gabinete para almacenar medidores de gas usados en la entrega de gas natural por la red pública a los suscriptores del servicio, junto con la tecnología de RTM Light.

El proyecto apunta a rediseñar los gabinetes actuales que se manufacturan en lámina metálica doblada y soldada, en un nuevo concepto manufacturado a través de moldeo por transferencia de resina en material compuesto.



## 2.3 IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE LA NECESIDAD

Este proceso consta de 4 fases sucesivas según la metodología de Kroll: Definición del problema, necesidad inicial, análisis de necesidades y requerimientos de diseño.

2.3.1 Definición del problema. Como se muestra antes, para alojar los medidores de gas en el sistema de gas por red, se utilizan actualmente gabinetes de lámina metálica recubierta con pintura electroestática. Estos, por las características del material presentan problemas de corrosión poco tiempo después de haberse puesto en servicio. Adicionalmente su fabricación no se hace bajo ninguna norma ni se conoce como es su comportamiento ante la llama.

Adicionalmente, el apoyo técnico recibido por parte de Safety Composites y de BASF Química Colombiana orienta el proyecto para que la tecnología a utilizar para la solución del problema sean los materiales compuestos.

Las dimensiones consideradas para el rediseño son:

- Requerimientos para que el producto sea manufacturado por RTM Light.
- Definición de los requisitos a partir de productos existentes ya que no se aplica ningún estándar localmente para su fabricación.
- Considerar los efectos de la llama en el gabinete dada su utilización en presencia de un combustible y su cercanía a espacios habitados por humanos.
- Tomar ventaja del hecho de que las propiedades de un compuesto se pueden definir con precisión a través de las materias primas y del proceso.
- Orientar el proceso de diseño a proveer una alternativa para la manufactura

de gabinetes en general, particularmente aquellos para almacenar medidores de gas, producido por medio de un proceso avanzado de manufactura de materiales compuestos.

2.3.2 Análisis funcional. La función principal del gabinete es alojar un medidor de gas. Como subfunciones, el gabinete protege al medidor del acceso no autorizado, de efectos externos como el clima y cargas externas, permite que se lea el valor del consumo, que circule aire en forma natural y que personas autorizadas tengan acceso al interior para realizar reparaciones y mantenimiento.

2.3.3 Necesidad inicial. A partir del problema planteado se encuentra que la necesidad inicial consiste en proveer una alternativa para los gabinetes que alojan medidores de gas que cumpla las mismas funciones de los actuales pero que además tenga mejor resistencia a la corrosión y que sea manufacturado por el proceso de RTM Light.

2.3.4 Análisis de la necesidad. La necesidad se analiza inicialmente en 5 aspectos que se muestran a continuación:

Desempeño. Los estudios mostrados en el marco teórico (Características de los gabinetes en servicio y Oferta Comercial) permiten encontrar que el gabinete tiene las siguientes partes que son necesarias para llevar a cabo su función principal y sus subfunciones:

- Un marco que permite alojar el medidor, lo protege de factores que puedan producir el deterioro acelerado de los centros de medición (humedad y manipulación no autorizada). El marco resistirá la corrosión ocasionada por la humedad, será en cierta medida resistente a la llama y resistirá los efectos climáticos.
- Una puerta que permite el acceso para realizar trabajos de mantenimiento,

control, inspección, reparación y reposición. En posición cerrada la puerta hace parte del marco por lo que tendrá las mismas características de este.

- Un medio para asegurar la integridad de las partes (asegurar que las partes se mantengan como un solo cuerpo).
- Unos agujeros que permiten ventilar el interior y evitan la acumulación de gas en caso de fuga.
- Una ventana por la cual se puede hacer la lectura del consumo registrado en el medidor.
- Perforaciones para instalación de los ductos de conducción.

Respecto a los efectos ambientales, otro estudio que se muestra antes (estado de los gabinetes en servicio) lleva a la conclusión de que los gabinetes actuales no poseen una adecuada resistencia a la humedad; esto, dado que una porción importante de los gabinetes evaluados presenta signos de corrosión, algunos incluso antes de un año en servicio. Por lo tanto el rediseño requiere que la solución tenga una adecuada resistencia a la corrosión en el ambiente normal de trabajo.

Valor. Dado que no existen localmente exigencias estrictas en cuanto a las características del producto, el valor que percibe el cliente está asociado principalmente al costo, además se percibe valor en cuanto durante su uso no afecte las condiciones del espacio donde se ubica y no afecte su seguridad.

Tamaño. Como consideraciones de tamaño se considera todo lo relacionado con la geometría. El producto tendrá básicamente la misma forma de paralelepípedo dado que su instalación, en el caso de empotramiento en la pared, es más sencilla que la de formas curvas. Las dimensiones serán las mismas en cuanto a altura, ancho y profundidad dado que estas han demostrado que son adecuadas para la

aplicación y son las comúnmente utilizadas. Se busca un diseño que sea escalable para otras aplicaciones y que además sea modular en caso de que se requiera instalar varios gabinetes juntos como en un centro de medición múltiple.

Seguridad. La principal consideración de seguridad se relaciona con la respuesta del producto ante la llama. Se requiere una solución que en caso de incendio no presente un riesgo adicional al del combustible solo, es decir no debe promover la propagación de la llama, no debe producir gases tóxicos al quemarse y en lo posible debe retardar la combustión. En cuanto a otros aspectos el producto debe evitar que en caso de fuga se acumule gas en el interior. Además la forma del gabinete debe prescindir de bordes y puntas que representen peligro para los que estén cerca.

Especial. En esta categoría pueden integrarse otras dimensiones que quedan fuera de las anteriores. Para ampliar las consideraciones del análisis, en este punto se incluyen las dimensiones mencionadas por Hansen y Andreasen (ver Ilustración 19. Orígenes de la idea de un producto según Hansen y Andreasen.) De forma que se consigue un análisis más amplio de la necesidad.

- Estrategia: El producto a ser rediseñado es el interés de una compañía que desea determinar si el objeto de estudio es una aplicación del proceso – tecnología disponible en sus instalaciones. Estratégicamente el producto debe poder producirse a un costo comparable con el de las soluciones actuales a través del proceso antes mencionado. El costo objetivo debe ser un requerimiento de diseño.
- Tecnología: La tecnología principal de producción esta predefinida. Las particularidades técnicas del proceso, definidas como sus variables son parte del proceso de diseño.
- Producto: El principio de trabajo es la barrera física. La apariencia de

paralelepípedo es un punto inicial dada su facilidad de instalación.

- Tarea: El problema se ha definido y analizado.
- Especificación del objetivo: A partir del análisis realizado se determina el objetivo del proceso, es decir las principales características de un concepto solución válido.
- El usuario es cualquier suscriptor del servicio de gas natural por red. El cliente es todo aquel que deba instalar un gabinete para medidor de gas, principalmente constructores de viviendas y establecimientos comerciales e industriales pequeños.
- La necesidad del mercado es obtener un producto con características mejores que las del actual por medio de un avance tecnológico que promueve el desarrollo. De esta forma el producto es una combinación de innovación tecnológica y necesidad del mercado, es decir que tiene origen en ambos puntos.
- El mercado objetivo es el mismo del producto actual que tiene una demanda identificada. Dado que se propone un producto escalable para otras aplicaciones se posee un potencial de mercado mayor que el producto actual.

En este punto se posee una serie de características de diseño que deben sintetizarse en un listado de requerimientos de diseño del gabinete. Para llegar al listado de requerimientos definitivo, se consideran las características conocidas en este punto junto con las resultantes de una herramienta adicional. Para extender el listado de requerimientos de diseño se utiliza la herramienta PDS (PDS, 2005). Esta herramienta consiste en 30 categorías que agrupan diferentes características que son comunes en listados de requisitos de diseño completos. Permite encontrar características no consideradas antes que pueden ser vitales para conseguir una solución válida para el problema. El procedimiento consiste en

evaluar cada una de las categorías respecto al problema y encontrar si existen consideraciones relacionadas que deban incluirse. El resultado de esta evaluación junto con las características antes definidas se presenta en la siguiente sección.

2.3.5 Requerimientos de diseño. El listado extendido de requerimientos que establece los parámetros a los cuales se debe ajustar un concepto de diseño para constituir una solución válida se encuentra en el Anexo D. Listado extendido de requerimientos de diseño.

## 2.4 SÍNTESIS DE DISEÑO DEL GABINETE: ANÁLISIS PARAMÉTRICO

En este punto se ha especificado ya el problema que se trata de resolver, mientras las necesidades del problema se han identificado a través de un proceso en el cual el objeto de rediseño se analiza en uso, para la venta y de forma ampliada con la ayuda del PDS. En el transcurso de un análisis funcional ampliado se evaluaron las 5 categorías de la metodología de Kroll, junto con dimensiones adicionales según Hansen y Andreasen más las categorías del PDS. Con esto se extiende la cobertura de la necesidad inicial hasta el punto en que se establece una lista amplia de requerimientos de diseño.

El final de la síntesis se ha alcanzado cuando se establece un concepto que satisface el listado de requerimientos por medio de una lista de chequeo. Realmente el final del proceso es subjetivo ya que no se conoce exactamente cuánto por encima o por debajo de los requerimientos estará el concepto final y más allá de tener una buena lista de requerimientos cumplida, el punto final depende de hecho de la satisfacción del diseñador. Luego de que se obtiene una evaluación satisfactoria respecto a lo requerido, puede seguirse con un proceso de idealización tanto como se desee.

Respecto al proceso, se continúa con la metodología de Kroll. Se encuentra interesante el análisis paramétrico dada su idea de dividir el, entonces inexistente,

concepto de diseño en asuntos elementales como principios físicos, relaciones críticas, analogías, etc.; en una forma en la que el proceso viaja a través de los parámetros mientras los conceptos se sintetizan y evalúan. En un punto puede presentarse una configuración que no sea válida, pero muestra el camino al siguiente enfoque como una forma de activación creativa. No reemplaza el pensamiento creativo, pero la metodología busca darle un orden al proceso de forma que este se facilite.

Es importante notar que la metodología de Kroll no presenta un procedimiento para definir en que orden se recorren los parámetros. Se dan direcciones para apuntar hacia los requerimientos más críticos a través de la simplificación y de la transformación. El objetivo es considerar aspectos que son fundamentales a la funcionalidad y luego cubrir otros de acuerdo a relaciones entre ellos.

El primer paso del análisis paramétrico es la identificación de la tecnología.

2.4.1 Identificación tecnológica. El alcance del rediseño se ha definido para modificar la solución actual de la necesidad inicial a la vez que se atacan otras consideraciones. El principio físico es básicamente el mismo, una barrera física proveerá el medio de almacenamiento del medidor. Para hacer esto se ha identificado la tecnología de los materiales compuestos. La técnica específica dentro de esta tecnología es transferencia de resina a baja presión asistida con vacío (RTM Light), lo que implica el uso de una resina termoestable y refuerzo de fibra de vidrio como materiales.

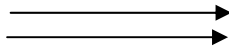
2.4.2 Análisis paramétrico. Esta fase consiste en un ciclo en el que se identifica un parámetro elemental de diseño y luego se sintetiza una configuración que incorpore el parámetro de acuerdo a la función requerida, de forma que se recorren los requerimientos de diseño en un proceso que puede entenderse como una espiral ascendente desde los parámetros más críticos hasta los más triviales.

En la siguiente tabla se muestra el recorrido hecho a través del listado de requerimientos por medio de esta metodología de síntesis conceptual. Se concibe que el parámetro inicial fuera el material, dado que en la tecnología escogida es crítico el diseño del material para las subsecuentes fases de diseño. El recorrido por la tabla se hace por filas.

Tabla 3. Proceso de análisis paramétrico.

IDENTIFICACIÓN DE PARÁMETROS	SÍNTESIS CREATIVA	EVALUACIÓN
IP	SC	E
Material (Matriz)	<p>Resinas termoestables:</p> <p>Poliéster isoftálico u ortoftálico</p> <p>Existen otros tipos de resinas pero se ha recibido apoyo para llevar a cabo la investigación con resinas de poliéster Palatal de BASF.</p>	<p>El poliéster cuesta menos, tiene Resistencia mecánica adecuada. El isoftálico tiene mayor Resistencia química que el orto pero cuesta más, el viniléster tiene aun mejor resistencia mecánica y química a un mayor costo. Ambos son inflamables y combustibles.</p> <p>Se escoge el poliéster ORTO por su menor costo, resistencia media. (BASF,2006)</p>



Corrosión y olores		<p>El poliéster no se corroe en presencia de agua y O<sub>2</sub>.</p> <p>Debe asegurarse una buena cura de la resina para evitar el olor a estireno.</p> <p>(BASF,2006)</p>
<p>Resistencia al sol:</p> <p>Degradación del color y propiedades mecánicas.</p> <p>Los rayos UV causan la foto degradación del plástico haciendo que pierda el color y la Resistencia.</p>	<p>La adición de Tinuvin® mejora la Resistencia contra los rayos UV.</p>	<p>Se consigue el comportamiento deseado sin afectar las evaluaciones previas.</p> <p>La apariencia se relaciona principalmente con el color, la textura y la rigidez. Si la matriz es químicamente estable en la vida útil mantendrá el color y la forma. El Tinuvin es un estabilizador químico contra rayos UV.</p> <p>(BASF,2006)</p>

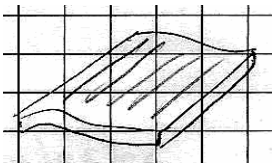
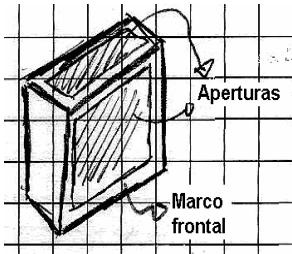
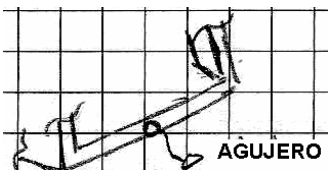
<p>Resistencia química – vida útil</p>	<p>La adición de metil metacrilato aumenta la Resistencia química y la Resistencia a condiciones climáticas.</p> <p>Regresando al paso de AP matriz, se puede escoger una matriz con mejor resistencia química.</p>	<p>Las propiedades químicas de la resina escogida son adecuadas sin aditivos. La resina escogida resiste agentes de limpieza suaves sin problema según el fabricante BASF. Incluso la resina de menor costo y resistencia (Ortoftálica) resiste estas condiciones.</p> <p>En (MIRAVETE, 2001) se ha registrado que bajo las condiciones de uso presentadas el producto puede durar más de 20 años en servicio.</p>
--	---	--

Resistencia	<p>Para la Resistencia mecánica puede usarse un material de refuerzo dentro de la matriz plástica:</p> <p>Mat de hilos continuos</p> <p>Mat de hilos picados.</p> <p>Woven Roving</p>	<p>El material es así plástico reforzado con fibra de vidrio, un material compuesto.</p> <p>El material soporta grandes deformaciones antes de la falla frágil de la matriz polimérica.</p> <p>El refuerzo no es responsable del comportamiento químico por lo que no afecta las decisiones anteriores. Debe protegerse el material de refuerzo del agua.</p> <p>El mat de hilo picado es el de menor costo, tiene resistencia mecánica adecuada, puede usarse en inyección por su permeabilidad prácticamente isotrópica.</p> <p>El hilo continuo cuesta aproximadamente 3 veces más que el hilo picado. Ambos tienen buena permeabilidad, apta para el proceso. Se escoge el de hilo picado por el menor costo y adecuada permeabilidad.</p>
-------------	---	--

<p>Color: medio para definir un color estable en la vida física</p>	<p>Añadir una pasta de color a la resina.</p> <p>Aplicar un gelcoat (capa de resina con color y mejores propiedades de resistencia a la intemperie aplicada sobre el molde antes de la inyección). Con esto se evita la necesidad de agregar Tinuvin a la resina.</p>	<p>La fibra no tiene efecto en el color aunque puede ser ligeramente visible. Añadir una pasta colorante la da una apariencia colorada que junto con el estabilizador UV será estable durante la vida útil. (BASF, 2006).</p> <p>La opción de gelcoat crea una capa de mayor resistencia que protege el refuerzo, requiere una actividad más en la producción. Es estable y puede repararse fácilmente. Se escogerá entre las opciones de gelcoat y colorante mediante una evaluación de costos detallada.</p> <p>No se requiere pintura ni cuidados adicionales de la superficie bajo operación normal. En caso de ser necesario puede repararse la superficie.</p>
---	---	--

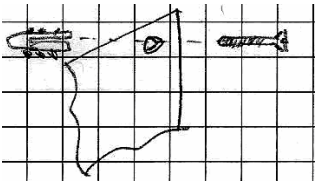
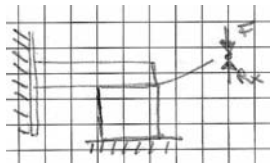
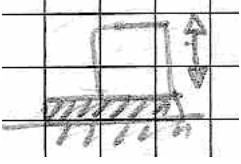
Contracción de la resina - estabilidad dimensional	Usar resina de bajo perfil (LOW PROFILE)	<p>Las resinas Low profile usan aditivos que se expanden durante el curado contrarrestando la contracción. Su costo es alto.</p> <p>La contracción de las resinas ortoftálicas con refuerzo es menor al 1% en pequeños espesores por lo que no se requiere aditivo ni resina especial. (BASF,2006)</p>
--	--	--

Superficie del molde	Usar resina con alta temperatura de distorsión al calor y Resistencia química elevada, espesor de la capa de Gelcoat de 0.5-0.8mm para resistir los ciclos de moldeo.	<p>Esto asegura una elevada vida del molde si se mantiene un cuidado adecuado (limpieza, uso de desmoldantes)</p> <p>Puede repararse la superficie cuando sea necesario.</p> <p>La manufactura del molde define su brillo, un buen mantenimiento lo mantendrá íntegro a lo largo del ciclo de vida.</p> <p>Debe usarse un compuesto antiadherente durante la inyección para evitar que la pieza se pegue.</p>
Disposición final		El material es inerte a las condiciones de los rellenos sanitarios por lo que puede disponerse sin peligro. Puede ser incinerado. El reciclaje es viable. (MIRAVETE, 2001).

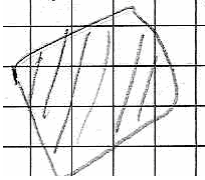
Barrera física para almacenar el medidor	 <p>Una superficie de cascarón puede limitar un volumen hueco de 0.4x0.4x0.16m</p>	<p>El volumen es adecuado para el almacenamiento</p> <p>La geometría debe permitir entrada y salida del medidor y operaciones.</p> <p>El material definido puede formarse como lámina delgada en forma de caja.</p>
Geometría	 <p>Una apertura en el cascarón que permita que pasen los tubos y el medidor.</p>	<p>Adecuado para medidor y tubos.</p> <p>Volumen interior es adecuado al requerido, limitado por el espesor del cascarón.</p>
Acumulación de agua	 <p>Agujero en la parte más baja del gabinete</p>	<p>El agujero permite que el agua que ingresa sea drenada.</p>

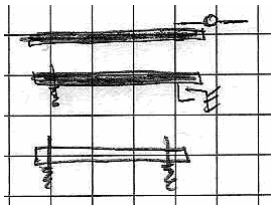
---

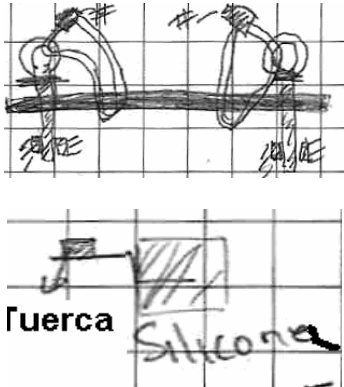
<sup>1</sup> Las imágenes mostradas en esta tabla son bocetos realizados por el autor como parte del proyecto.

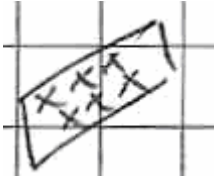
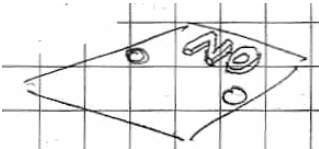
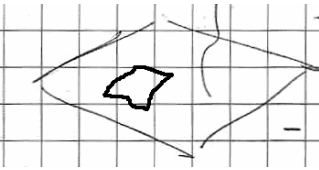
<p>Sujeción</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Tornillos a la pared</li> <li>-Empotramiento en la pared</li> </ul>	 <p>Agujeros en la cara anterior para sujeción a la pared.</p>	<p>Los agujeros permiten sujeción simple.</p> <p>El producto puede empotrarse en un muro. Se debe verificar la interacción con el muro.</p> <p>La sujeción puede someter la estructura a deformación por carga. Reforzar la zona de sujeción.</p>
<p>Cargas laterales y deformación</p> <p>La estructura portante somete al producto a cargas cuando se deforma, por ejemplo en un movimiento sísmico.</p>	 <p>Modelo simplificado de fuerza generada debido a cuerpo en contacto con otro que se deforma.</p> <p>Instalar una junta flexible entre ambos cuerpos para que absorba la deformación.</p> 	<p>Comparando la flexibilidad de ambos materiales (muro y gabinete), el plástico del gabinete soporta mayores deformaciones, antes de la falla, que el concreto.</p> <p>No se requiere junta flexible.</p> <p>La magnitud de la fuerza no es pertinente ya que el gabinete se deformará junto con el muro y no impedirá su movimiento.</p>

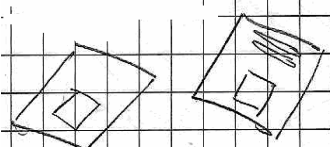


Calor del sol	<p>Elevado HDT (temperatura de distorsión al calor: es donde la resina pierde sus propiedades debido a la temperatura).</p> <p>Usar color claro y brillante que refleje la radiación solar.</p>	<p>Las resinas ortoftálicas BASF tienen HDT por encima de 60 °C. La resistencia del refuerzo es superior. El color claro y el brillo reducen el calor que se acumula en el gabinete y por tanto la temperatura. Esto implica que el calor del sol no es problema.</p>
Protección de acceso autorizado	<p>Superficie removible en la apertura frontal</p> 	<p>Puede ser abierto por cualquiera dado que es posible el movimiento relativo.</p> <p>No es sujetado al gabinete en posición cerrado.</p> <p>No permite lectura ni ventilación.</p> <p>Protege de ambiente externo.</p> <p>Puede guardar presión y gas en el interior.</p> <p>Una superficie plana no es peligrosa.</p>

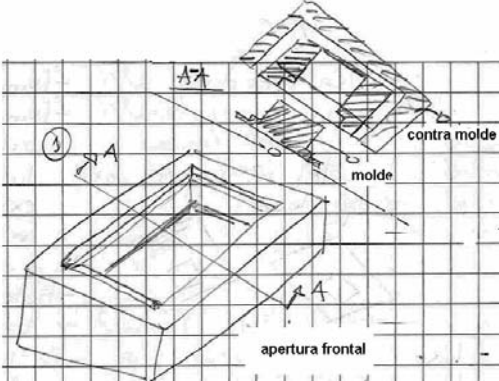
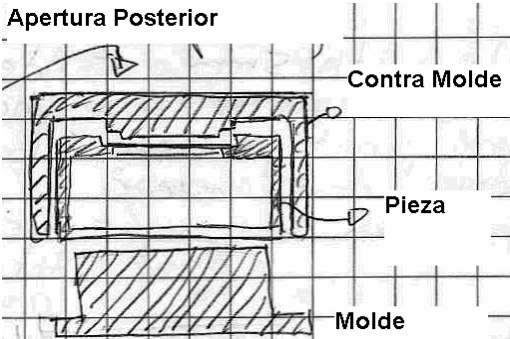
<p>Sujeción de puerta al marco</p>	 <p>Bisagra Pestaña y tornillo Tornillos</p>	<p>La bisagra requiere perforar para la instalación, esto es una operación posterior.</p> <p>La pestaña es un perfil complicado para la inyección, aunque es posible utilizando un inserto para el proceso.</p> <p>Los tornillos requieren insertar una tuerca, permiten bloquear la puerta. Se escoge la alternativa de 2 tornillos por facilidad de manufactura.</p>
<p>Bloqueo</p>	<p>Tornillos con cabeza especial (triangular)</p>	<p>Pueden ser abiertos con una llave especial por personas autorizadas.</p>
<p>Sello de seguridad Muestra cuando la puerta ha sido abierta</p>	<p>Sticker que deja la palabra VOID cuando se retira. Correilla plástica con numero Correilla de acero y sello de plomo numerado.</p>	<p>El primero es caro y pierde adhesividad con el calor y el agua.</p> <p>Los 3 muestran cuando ha sido abierto. El código debe registrarse.</p> <p>Debe haber forma de sujetar las correillas</p>

<p>Sello de seguridad (2)</p>	<p>Usar tornillos con un anillo en la cabeza o con un agujero en el cuello, una correilla se amarrara a través de la cabeza y por un agujero en la puerta para bloquear.</p> 	<p>Se mantiene la puerta en su lugar.</p> <p>Las correillas se rompen para abrir.</p> <p>Se escoge esta alternativa con tornillos perforados para que pase la correilla o el alambre de acero.</p> <p>Para sujetar las tuercas durante la inyección se utilizan bloques de silicona, o pueden instalarse en una operación posterior.</p> <p>Una vez abierto el seguro la fuerza de apertura de la puerta es baja.</p>
-------------------------------	--	---

<p>Señal informativa "Medidor de gas No Fumar"</p>	<p>Pegar placa plástica con el aviso sobre la puerta.</p>  <p>Hacer que las letras se moldeen como parte de la puerta como sobre relieve.</p> 	<p>La placa es la solución actual. En ocasiones es removida.</p> <p>El alto relieve implica menos piezas y operaciones de manufactura por eso se escoge.</p>
<p>Lectura del valor del consumo</p>	<p>Puerta traslúcida</p> <p>Ventana para lectura: abertura en la parte inferior central de la puerta.</p> 	<p>La traslucidez se opaca con el tiempo en la resina convencional.</p> <p>Ambos permiten la lectura, se escoge la ventana en la parte inferior, porque es seguro que no impedirá la lectura..</p>

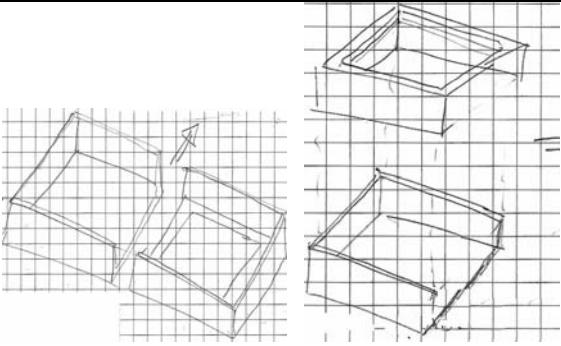

<p>Ventilación</p>	<p>Usar la ventana de lectura</p> <p>Usar agujeros en la parte superior de la puerta</p> 	<p>Ventana en la parte inferior no permitirá que salga el gas en caso de una fuga ya que este es más liviano que el aire y solo saldría por arriba.</p> <p>Los agujeros superiores permiten ventilación adecuada natural.</p> <p>Ambos permiten que entre la luz.</p> <p>Se escogen los agujeros en la parte superior.</p>
<p>Manufactura</p>	<p>Usar molde de 2 piezas para inyección en RTM Light, el refuerzo se coloca en la cavidad antes de inyectar, la resina se cataliza antes de inyectar y se calcula para que gele después de haber llenado la cavidad. La inyección se hace en forma periférica y en el centro del molde se ejerce vacío para facilitar la inyección a baja presión o viceversa. El cierre del molde se hace con vacío.</p>	<p>Requiere forma adecuada para que el molde pueda abrir.</p> <p>El proceso genera pocos desperdicios respecto a otros como el spray up.</p> <p>No puede haber ángulos negativos en la dirección de apertura.</p> <p>Los vértices de las caras deben tener radios de más de 5mm.</p> <p>Siguiendo las consideraciones anteriores el proceso es válido.</p>

<p>Espesor</p>	<p>Laminado con 2mm de espesor.</p>	<p>Adecuado dado que no se conocen cargas que exijan mayor espesor.</p> <p>Espesor especificado en dimensiones de 0.4x0.4x0.16 con resina de densidad 1200kg/m3 genera un peso aproximado de 1kg.</p> <p>El espesor junto a la forma definida soportará el peso de 10 gabinetes apilados (30kg estáticos durante el transporte.</p>
<p>Inyección</p> <p>La resina debe inyectarse con el refuerzo dentro de la cavidad.</p>	<p>Una resina con menor viscosidad (puede usarse mayor estireno o calentarla).</p> <p>Usar vacío para ayudar la inyección y para el cierre del molde.</p>	<p>Se ratifican las decisiones del material y del proceso. Debe considerarse la viscosidad de la resina para la inyección.</p> <p>Porcentajes de estireno por debajo del 10% (adicional al que viene de fabrica no afectan significativamente las propiedades de la resina)</p> <p>(BASF, 2006), (SUAREZ, 2006)</p>

<p>Apertura del molde</p> <p>Como se sacarán las partes del molde luego de la inyección?</p>	<p>1. Apertura desde el frente</p>  <p>2. Modificación de la apertura frontal utilizando insertos para reducir el espesor en las paredes laterales, que se remueven después del moldeo.</p> <p>3. Apertura posterior.</p>  <p>El molde entra por la parte posterior del gabinete y el contramolde cubre el frente y los lados.</p> <p>4. Apertura desde la cara inferior</p>	<p>1. La puerta se moldea por separado</p> <p>El espesor del gabinete es muy alto.</p> <p>Ventanas de los tubos son operación secundaria.</p> <p>2. Espesor adecuado pero los bloques complican el proceso.</p> <p>3. No lleva cara posterior.</p> <p>Espesor adecuado</p> <p>Apertura para tubos es operación secundaria.</p> <p>4. Operación única para puerta y marco del gabinete. Espesor adecuado. Apta</p>
--	--	---

	<div data-bbox="634 237 1049 548" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="511 583 1177 667">El molde macho entra por la cara inferior del gabinete, el contramolde cubre el exterior.</p> <p data-bbox="511 695 1177 1062">Un marco cuadrado con perfil rectangular se coloca en el espacio de la puerta creando una separación. En uno de los lados se abren perforaciones para que durante la inyección entre resina. Esto permite que la puerta se moldee en una sola operación junto con el resto del gabinete.</p> <div data-bbox="526 905 764 1094" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="511 1220 1076 1251">5. Apertura desde el medio del gabinete</p> <div data-bbox="643 1297 1040 1507" data-label="Image"> </div>	<p data-bbox="1203 233 1450 264">para los insertos.</p> <p data-bbox="1203 296 1474 474">No requiere recortar ventana inferior para los tubos.</p> <p data-bbox="1203 506 1352 579">Espesor adecuado.</p> <p data-bbox="1203 611 1474 831">El sistema para realizar ambas piezas en una sola inyección es complicado.</p> <p data-bbox="1203 863 1474 1272">Ángulo de desmoldeo requerido genera forma poco familiar que puede verse extraña, por ejemplo en la fachada de una vivienda.</p> <p data-bbox="1203 1304 1474 1524">5. 2 mitades de la pieza que luego deben ser unidas con adhesivo o unión mecánica.</p> <p data-bbox="1203 1556 1474 1640">La apertura inferior sale lista.</p> <p data-bbox="1203 1671 1474 1850">En todas las opciones es posible obtener aperturas</p>
--	--	--



		<p>adicionales planeadas con perforaciones secundarias.</p> 
	<p>(E)</p> <p>Al no poner material de refuerzo en la ubicación del agujero y perforar en operación secundaria la superficie de resina sola, pueden usarse los bloques de silicona para sostener insertos metálicos, se hace vacío central e inyección perimetral o viceversa.</p> <p>Se escoge la opción de apertura posterior, por tener un espesor adecuado controlable, permitir un diseño de molde simple y dado que la distancia requerida para separar los moldes en la dirección de apertura es la menor de las dimensiones; el cambio de forma requerida para generar el ángulo de salida no es tan alto como en la apertura posterior.</p> <p>Esta opción no requiere que se usen adhesivos para unir las partes principales del gabinete.</p>	

2.4.3 Resultados de la síntesis. El proceso de diseño ha llegado a un concepto con las siguientes características soportado en un ciclo sucesivo de identificación de parámetros, síntesis y evaluación llamado análisis paramétrico:

Una resina termoestable de poliéster ortoftálico, complementada con alumina tri hidratada, Tinuvin y recubierta con un Gelcoat o a la cual se le adiciona pigmento,

se refuerza con un manto de hilos picados de fibra de vidrio obteniendo un material compuesto de matriz polimérica.

La geometría es un cascarón de paralelepípedo con aperturas en el fondo inferior y en el frente. Hay agujeros en el marco frontal borde inferior y una apertura total en la cara posterior.

La ventana frontal es cubierta por una superficie removible. Esta se fija durante el uso al marco por medio de 2 tornillos que se aseguran con correillas de nylon o acero a través de agujeros en la cabeza del tornillo y agujero en la puerta. Las tuercas para los tornillos se mantienen en su lugar durante la inyección por medio de bloques de silicona de forma que al curar la resina la tuerca queda sostenida por una lámina embebida en el marco, también podrían adherirse en una operación posterior simplificando el diseño y construcción del molde mediante el uso de masilla. La puerta también tiene una apertura cuadrada en la parte baja central y ranuras en la parte alta. Un aviso que dice “Gas natural, no fumar”, hace parte de la puerta como un alto relieve.

El producto se manufactura dentro de un molde que debe abrirse para desmoldar la pieza. La forma de apertura es un contra molde que entra por la parte posterior del gabinete y un molde que rodea el exterior de la pieza. La pieza del molde que contiene la superficie exterior del gabinete se denomina en adelante pieza A, la pieza que contiene la superficie interior se denomina pieza B.

La resina debe ser adecuada para que su viscosidad permita la inyección, considerando los aditivos mencionados. Un agente catalizador se añade a la resina junto con acelerador antes de la inyección, para que la resina cure a temperatura ambiente luego de que se ha llenado la cavidad, modificando los porcentajes de catalizador y acelerador se modifica el tiempo de gel y de cura. Previo a la inyección con el molde abierto se aplica agente desmoldante, se ubica

el material de refuerzo en su lugar donde estaba el material de refuerzo, se cierra el molde y se hace la inyección. Cuando la resina ha curado se abre el molde y se extrae el gabinete.

1.4.4 Chequeo de los requerimientos de diseño. Al revisar el resultado de la síntesis anterior respecto a los requisitos de diseño se encuentra que se ha cumplido todo excepto lo siguiente:

- El cumplimiento de la norma UL 94, debe verificarse posteriormente en la evaluación.
- Algunas características deberán detallarse para darle cumplimiento a los requisitos, por ejemplo el ángulo de salida del molde, la ausencia de ángulos negativos en las caras paralelas al eje de apertura y de aristas que representen peligro para las personas cercanas.
- Se requiere un análisis detallado para verificar el cumplimiento de los requisitos de costo del producto y del herramental.
- La escalabilidad del proceso se propone a través del proceso paramétrico de forma que modificando las opciones, las decisiones o agregando parámetros puede aproximarse el concepto a otra aplicación.
- El protocolo de verificación de calidad se desarrolla en una fase posterior
- La disposición final del producto se conoce como segura, las posibilidades de reciclaje deberán estudiarse pero se salen del alcance de este proyecto.

Finalmente el concepto sintetizado se ha evaluado frente a la lista de requisitos encontrando que se ha conseguido un concepto de solución técnica factible al problema planteado.

## 2.5 DISEÑO DE DETALLE

A partir de las características que se tienen en forma general se procede a definir con detalle el concepto de diseño.

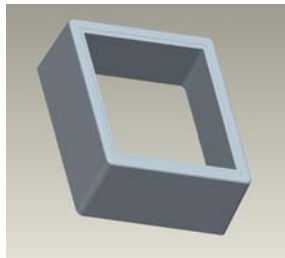
2.5.1 Gabinete. Material. Resina: COP4 de BASF preacelerada, es una resina poliéster ortoftálica insaturada, de mediana reactividad y alta viscosidad. Está recomendada para la fabricación de todo tipo de productos reforzados con fibra de vidrio, tales como: perfiles, lanchas carrocerías, otras piezas de prensado y moldeo, revestimientos y además coladas. (BASF, 2006). Ha sido modificada de fábrica para reducir su viscosidad hasta 220centipoises. Su alto contenido de sólidos permite que esto se haga sin perjudicar la curva de curado con lo que es posible conseguir tiempos de gel y de curado cortos, haciéndola apta para el proceso. Se consideran los siguientes aditivos en porcentaje con base al 100% de resina en peso para ser utilizados: 5% de pasta colorante y Tinuvin® 0.1%, Estireno 5-20% según viscosidad de la materia prima que debe mantenerse por debajo de 500cps (MIRAVETE, 2001) para la inyección, Alumina tri hidratada 40%. Se catalizará la resina con un 3% de MEKP (Peróxido de metil etil cetona), este porcentaje puede modificarse de acuerdo a las condiciones ambientales (humedad y temperatura). Capa de gelcoat de 0.3mm se analiza como alternativa a la pasta colorante.

Refuerzo: Se utiliza mat de hilos picados de 450 g/m<sup>2</sup> en 2 capas. Con éste y un porcentaje volumétrico de resina del 65% (35% de porcentaje volumétrico de fibra) se consigue un espesor de 2mm aproximadamente.

El espesor de la pieza se define con base en pruebas hechas durante el curso de resinas y aplicaciones (SUAREZ, 2006) estableciendo un espesor de 2mm el cual puede conformarse con 2 capas de mat de hilo picado de 450gr/m<sup>2</sup>.

Geometría. La geometría definitiva se presenta en los planos anexos. Ver el plano anexo Gd donde se presenta el listado de planos elaborado para este producto (Anexo K). La siguiente ilustración muestra la representación CAD del gabinete.

Ilustración 3. Representación CAD del gabinete.



La puerta se muestra en la Ilustración 4. Representación CAD de la puerta. El ensamble del gabinete y la puerta se representa en la Ilustración 5. Ensamble del gabinete y la puerta.

Ilustración 4. Representación CAD de la puerta.

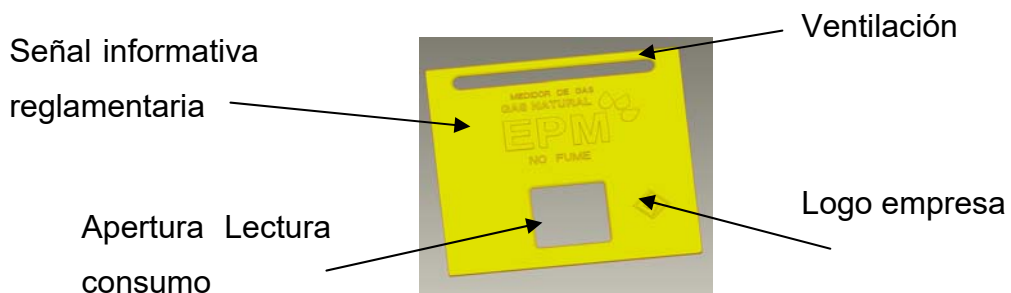
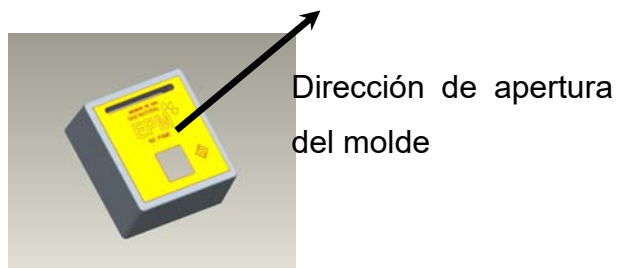


Ilustración 5. Ensamble del gabinete y la puerta

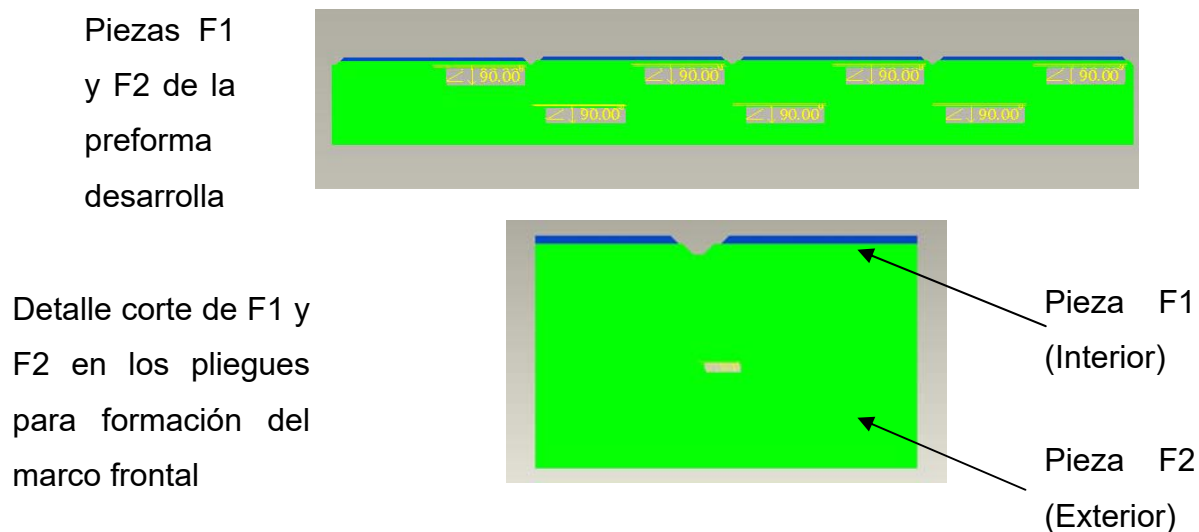


Se modifica la forma de paralelepípedo para generar el ángulo de salida requerido en el moldeo de 2°, es decir que las paredes verticales no son paralelas a la dirección de apertura del molde sino que hay un ángulo entre ellas facilitando la extracción de la pieza curada como se ve en la Ilustración 22. Ensamble del gabinete y la puerta.

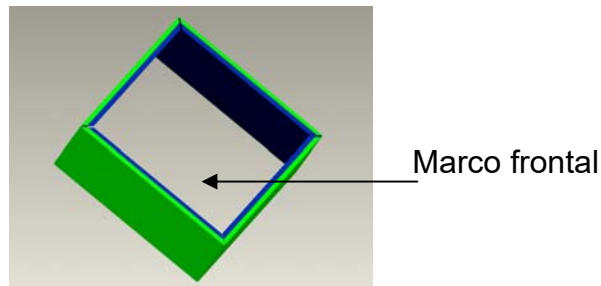
Por la forma de apertura del molde, la cara posterior del gabinete será abierta. Como operaciones secundarias, se requiere instalar en la cara posterior 4 láminas de refuerzo, previamente perforadas, que permiten la fijación del gabinete a una pared como se muestra en la Ilustración 27. Detalle láminas para sujeción a pared. La tapa es plana y se inyecta en una operación separada, con otro molde, incluyendo las aberturas de ventilación y lectura.

La preforma de refuerzo se ha diseñado para que todas las partes del gabinete tengan 2 capas de refuerzo dando el espesor adecuado. El diseño propuesto se presenta en la siguiente ilustración en forma desarrollada y tridimensional.

Ilustración 23. Preforma desarrollada y ensamblada.

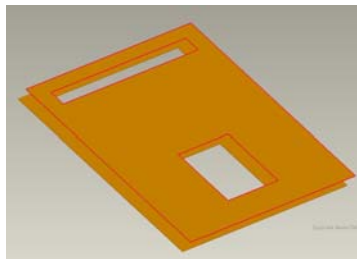


Ensamble de la preforma mostrando como se forma el marco frontal al plegar las caras



Las preformas para la puerta se muestran ensambladas en la Ilustración 24. Detalle preformas de la puerta ensambladas (E1 y E2). Ambas piezas son iguales.

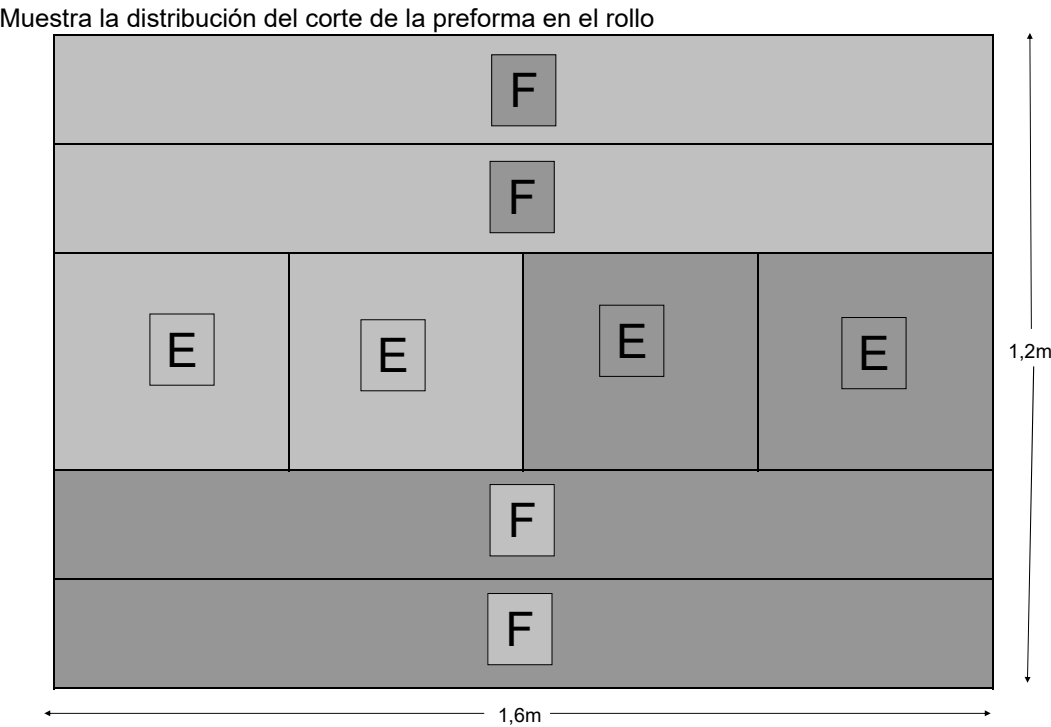
Ilustración 24. Detalle preformas de la puerta ensambladas (E1 y E2).



Dado que el material viene en forma de rollo de 1.4m de ancho, se hace el desarrollo de la preforma para encontrar la distribución óptima minimizando el consumo de material. Para esto, una vez decidida la distribución de las franjas de refuerzo, se utiliza un software para optimización de cortes de láminas de madera obteniendo la distribución que se muestra en la Ilustración 25. Distribución del material para la preforma en el rollo. En esta se muestra el material para construir la preforma de 2 gabinetes ya que este corte genera menos desperdicios que el de una sola preforma.

La identificación de las piezas mostrada en la ilustración anterior corresponde al esquema que se muestra en la Ilustración 26. Esquema de la preforma del gabinete mostrando ubicación de las piezas cortadas. El software utilizado es Woodworks versión 1.4 (WOODWORKS, 2006).

Ilustración 25. Distribución del material para la preforma en el rollo.

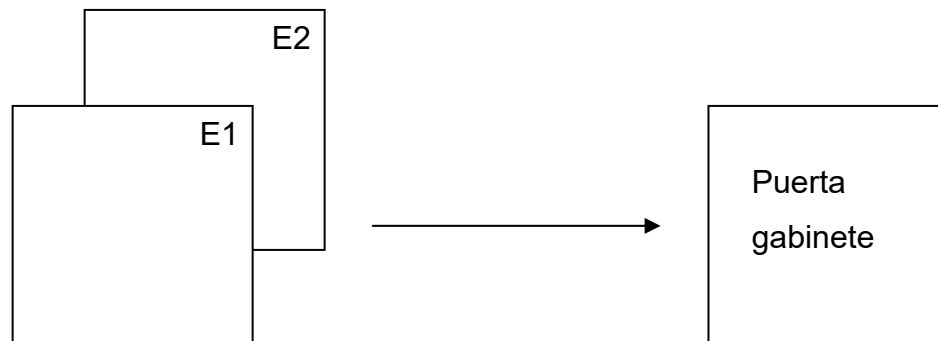
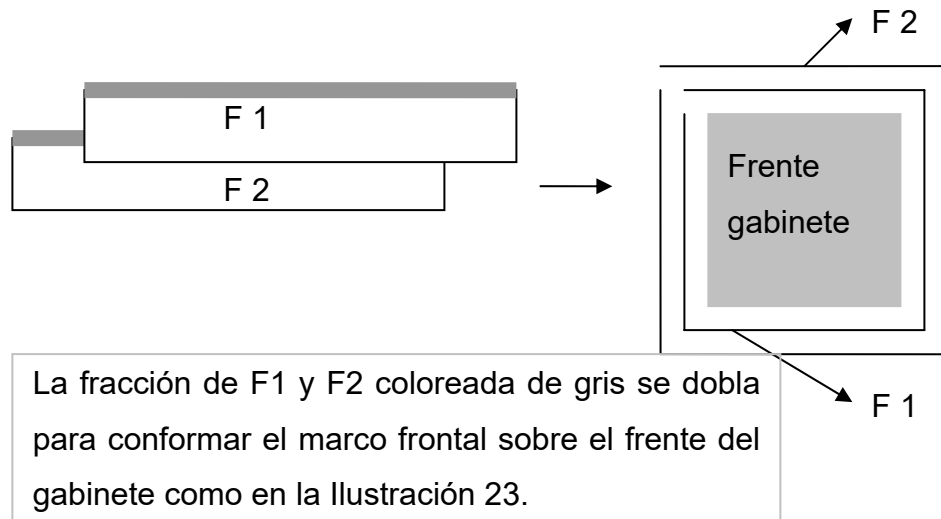


Presentación: Rollo 50kg x 140cm ancho

Corte de preformas para 2 gabinetes.



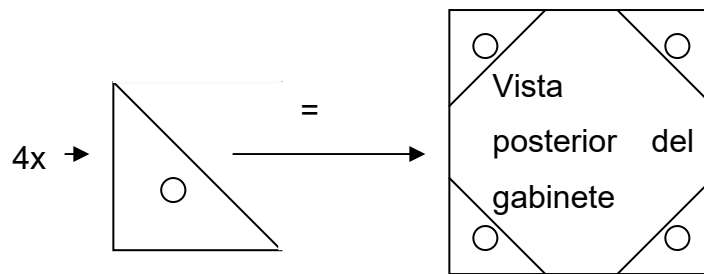
Ilustración 26. Esquema de la preforma del gabinete mostrando ubicación de las piezas cortadas.



La disposición de las preformas en el molde se explica mas adelante en los planos anexos G1.1.7 y G 1.2.6 (Anexo K).

Accesorios. Se requiere para completar el diseño propuesto, 2 tornillos de diámetro 4mm con cabeza triangular. Con su respectiva tuerca. La tuerca se fija al gabinete como una operación posterior utilizando masilla. Para la fijación a la pared se instala una lámina en cada esquina de la parte posterior del gabinete como se muestra en la siguiente ilustración.

Ilustración 27. Detalle láminas para sujeción a pared.



Costeo. A continuación se muestra la forma como se calcula el costo de cada gabinete.

El procedimiento utilizado consiste utilizar las actividades requeridas para producir un gabinete como núcleo de acumulación de costos. Se mide el costo unitario de los recursos (materiales, mano de obra y uso del equipo), ver Ilustración 28. Costeo de los recursos base para las actividades.

El cálculo del consumo de la materia prima principal de cada actividad se muestra en la Ilustración 29. Cálculo del consumo de recursos de las actividades. Los recursos se asignan en forma directa a cada una de las actividades (denominadas generadoras de costo), ver Ilustración 30. Costeo final del gabinete por actividades. Donde se muestra primero la opción utilizando gelcoat y luego la opción utilizando colorante y aditivos para resistencia a la intemperie.

Posteriormente se mide el número de unidades de actividad consumidas por unidad de producto para encontrar el costo total. Este se refiere a los costos de producción, no incluye gastos administrativos ni otros similares. Este se aproxima al costeo basado en actividades o ABC, con la diferencia de que la mano de obra se ha incluido en las actividades lo que no es usual en la metodología (HORNGREN, 1996).

Ilustración 28. Costeo de los recursos base para las actividades.

Costos recursos (\$ antes de iva)		
Mat 450 hilo picado	\$/kg	\$ 4.500
Mat 450 hilo continuo	\$/kg	\$ 16.800
Mat 600 hp	\$/kg	\$ 5.700
Resina COP 4	\$/kg	\$ 6.000
Resina P98	\$/kg	\$ 6.500
Gel coat blanco	\$/kg	\$ 15.060
Gel coat moldes	\$/kg	\$ 49.900
Estireno monomero	\$/kg	\$ 5.400
ATH	\$/kg	\$ 6.900
Tinuvin	\$/kg	\$ 80.000
Cabosil	\$/kg	\$ 35.800
Pasta colorante negro /	\$/kg	\$ 34.170
amarillo	\$/kg	\$ 69.910
Inyección	\$/kg	\$ 500
Mano obra	\$/h	\$ 3.332

Ilustración 29. Cálculo del consumo de recursos de las actividades.

Recursos por actividad			
Desmoldante			
Aplicaciones / galon			60
Precio	gal		150000
Desmoldeos /aplicación			15
Costo	\$		167
Mat			
fraccion vol refuerzo Vf	%		29%
densidad fibra vidrio	kg/m3		2.600
MAT HP GRAMAJE	g/m2		450
Area Mat	m3		0,96
Peso mat	kg/m3		0,43
Costo Mat	\$	\$	1.944
Chequeo	m3		0,440
Resina			
Densidad	kg/m3		1200
Volúmen	m3		0,000414
Peso	kg		0,50
Desperdicio	kg		0,05
Peso total	kg		0,55
Costo	\$	\$	3.552
Costo con inyección	\$	\$	3.825
Resina con colorante 10% y 0,1% Tinuvin®	\$	\$	4.000
Gel coat			
Densidad	kg/m3		1.200
Espesor Gel coat	m		0,0004
Volúmen	m3		0,000192
Peso (10% desperdicio)	kg		0,25
Costo	\$	\$	3.817

Dimensiones			
E	0,32 Tapa puerta (repetida)	ancho (m)	0,4
F	0,64 Anillo refuerzo caras laterales	largo (m)	0,16
TOTAL (M2) mat	0,96	espesor (m)	0,002
total m2 laminado	0,48	pestaña 1	0,02
volúmen laminado	0,000583	pestaña 2	0,02

Ilustración 30. Costeo final del gabinete por actividades.

Costo gabinetes					
Gelcoat					
Actividad	Mano obra (h)	Costo mano obra	Costo material ppal	Total	
Aplic Gel coat	1/12	\$ 277,65	\$ 3.817	\$	4.094
Preforma	1/12	\$ 277,65	\$ 1.944	\$	2.222
Desmoldante	0,05	\$ 166,59	\$ 167	\$	333
Inyección	1/20	\$ 166,59	\$ 3.552	\$	3.718
Desmoldeo	1/6	\$ 555,30	\$ -	\$	555
Acabado	1/6	\$ 555,30	\$ -	\$	555
Total	0,60	\$ 1.999,07	\$ 9.479	\$	11.478
Colorante					
Actividad	Mano obra (h)	Costo mano obra	Costo material ppal	Total	
Aplic Gel coat	0	\$ -	\$ -	\$	-
Preforma	0,2	\$ 666,36	\$ 1.944	\$	2.610
Desmoldante	0,1	\$ 333,18	\$ 167	\$	500
Inyección	0,15	\$ 499,77	\$ 4.000	\$	4.500
Desmoldeo	0,2	\$ 666,36	\$ -	\$	666
Acabado	0,3	\$ 999,53	\$ -	\$	1.000
Total	0,95	\$ 3.165,19	\$ 6.111	\$	9.276

Se encuentra en este punto que el costo es inferior a lo requerido en el diseño cumpliendo el requisito establecido. El costeo anterior finalmente llega al costo por unidad de gabinete para 2 alternativas, utilizando gelcoat y utilizando aditivos que mejoran la resistencia a la intemperie y dan color a la resina. Comparando las alternativas de utilizar gelcoat o utilizar colorante y aditivos, dado el menor costo de la segunda alternativa se selecciona esta para su ejecución.

El proceso de manufactura del gabinete se muestra más adelante luego del diseño y manufactura del molde.

Las recetas relacionadas con poliéster y fibra de vidrio (resinas, gelcoat, masillas) son resultado del curso sobre resinas y aplicaciones del poliéster reforzado al que se asiste como parte del proyecto. (SUÁREZ, 2006)

2.5.2 Modelo para manufactura del molde. Material. La base para iniciar con la manufactura del molde es el modelo, con lo que se provee la superficie base

requerida para la laminación del molde. Esta pieza tiene la forma de la superficie interior del molde exterior. Sobre ella se lamina el molde exterior.

Se consideran las siguientes opciones:

- Utilizar un bloque de resina poliéster de dimensiones 40x40x16cm. Este se maquina utilizando un centro de maquinado de control numérico.
- La segunda opción consiste en utilizar láminas de madera y perfiles comerciales (biseles) para conseguir la forma geométrica deseada. Las partes se unen con adhesivos, se recubre la superficie con sellador de nitrocelulosa y se pule con papel de lija y pasta pulidora para dar el brillo requerido.

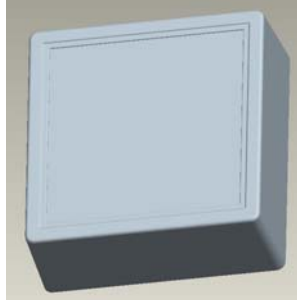
Otras opciones son maquinar un bloque de madera o de poliuretano.

Se escoge la opción de láminas y biseles de madera dado que por la forma del modelo, que se compone de figuras geométricas simples obtenibles por medio de perfiles y láminas comerciales, obtener la forma deseada es simple. La mayor dificultad en el trabajo entonces está en dar el acabado deseado. El acabado superficial del modelo define el acabado superficial inicial del molde. El tamaño de la pieza imposibilita utilizar la máquina de control numérico disponible.

El plano desarrollado se encuentra anexo. Ver los planos anexos Md, M1, M2 (Anexo K).

La representación CAD del modelo maestro se muestra en la siguiente ilustración. Nótese que el modelo no es un cascarón delgado ni tiene las aperturas del gabinete.

Ilustración 31. Representación CAD del modelo maestro para construcción del molde.



El costo del modelo se ha calculado por costeo directo, sin considerar mano de obra en 150000\$ col. La diferencia entre el modelo maestro y el gabinete es la apertura frontal, el modelo no tiene esta apertura dado que ella hace parte de la superficie de partición del molde.

2.5.3 Molde. Material. El molde se construye de PRFV debido a su menor costo y mejor formabilidad respecto a otras opciones como el acero, siendo el PRFV mas adecuado para un molde prototipo como el que aquí se desarrolla. Además es adecuado para resistir los ciclos de moldeo requeridos para el proyecto, su bajo peso facilita el manejo del herramental y simplifica el equipo requerido.

El molde se compone de dos piezas principales, en las cuales se puede distinguir 2 regiones: una zona para la cavidad de inyección (donde se conforma la pieza requerida) y una zona para los empaques y la cavidad de vacío (donde se ejerce el sellado de la cavidad de inyección y se genera la fuerza para cerrar el molde. El conjunto molde – contramolde requiere además 3 puertos de conexión (punto de inyección, punto de vacío de la cavidad y punto de vacío de cierre), guías para asegurar la alineación del conjunto durante la inyección y medios para sujetar el molde y manipularlo durante su uso y almacenamiento (agarraderas o manillares). Ver ilustraciones 15 y 17 del capítulo 1.

Dado que el producto final se compone de 2 piezas (marco y puerta) se requieren 2 conjuntos molde – contramolde con las mismas especificaciones.

Para el molde de la puerta, dado que se requiere simplemente una superficie plana en una de las caras, se ha propuesto utilizar una mesa de inyección construida para otro proyecto (ver Ilustración 32. Mesa de inyección que constituye el molde de la puerta.). Esta dispone aparte de la superficie plana horizontal requerida (superficie cuadrada de 0.66m de lado), con la conexión de vacío para el flanche y con la conexión para inyección en el medio. En el punto de inyección se encuentra instalada una válvula neumática que permite controlar el flujo de resina hacia la cavidad y además facilita las labores de limpieza una vez terminada la inyección, dado que dispone de un circuito de recirculación de disolvente. Esta válvula se denomina Auto Sprue. La otra cara del molde debe ser manufacturada al igual que las 2 piezas del molde del gabinete.

Ilustración 32. Mesa de inyección que constituye el molde de la puerta.



Dimensionamiento del flanche. Aparte del modelo para la cavidad de inyección, como parte del diseño de detalle del molde debe calcularse el tamaño de la cavidad de vacío (flanche) que asegurará el cierre del molde, contrarrestando la presión de inyección que trata de abrir el molde, utilizando la presión atmosférica.

En el caso de la puerta se parte de una dimensión límite que es el tamaño de la mesa (0.66m) y se restan las dimensiones de la puerta, los empaques (sello



primario y sello secundario), una separación entre la cavidad de inyección y el canal periférico de inyección, una franja para que los moldes apoyen uno sobre el otro (5mm). Conociendo la dimensión disponible para el flanche se calcula cual es la relación entre las fuerzas de cierre y la que trata de abrir el molde. Si esta relación es mayor que 1 la dimensión del flanche de vacío es suficiente para mantener el molde cerrado. El desarrollo de este procedimiento se muestra a continuación, donde se demuestra que es adecuado utilizar la mesa disponible con base en sus dimensiones dado que el flanche resultante es suficiente para mantener cerrado el molde.

Ilustración 33. Revisión dimensiones del flanche para el molde de la puerta.

**Calculo de flanches**  
**Molde Puerta**

Lp	Ancho puerta	m	0,335	
Pa	Presión Atm	Pa	101.325,00	
Pi	Presión Iny	Pa	277.602,74	psi 40
		psi/kPa	0,000144	

	Por limitación de espacio			
Lm	+Longitud disponible mesa	m	0,6600	
	- Lp	m	0,3350	
Le	- Longitud para empaques	m	0,0900	
	Union cavidad canal		0,001	
	Canal Iny		0,005	
	apoyo molde		0,005	
	Hongo		0,009	
	Ala		0,025	
	Total empaques cada lado		0,04500	
	*2 =Total empaques		0,09000	
2Ltmax	Lm-Lp-Le = Flanche máximo posible	m	0,2350	
Ltmax	2Lt max/2 =Flanche a cada lado	m	0,1175	
L	2Lt+Le+Lp =Longitud Real	m	0,6600	
Ac	L^2= Area Cierre	m <sup>2</sup>	0,44	
Fc	Ac*Pa= Fuerza cierre	N	44.137,17	
Ai	Lp^2 =Area Iny	m <sup>2</sup>	0,1122	
Fa	Ai*Pi = Fuerza apertura	N	31.153,97	
Fs	Factor Relación areas (FS)	1	1,42	

Dado que con la dimensión permisible se obtiene un factor de seguridad del 40% en la relación de fuerzas es posible utilizar la mesa actual como base para el molde y elaborar solo el molde superior, para

Radio externo	m	0,15
area redondeos		0,045
area real	m <sup>2</sup>	0,391
Fs efectivo	1	1,27038539
Margen de seguridad efectivo		27%
Corrigiendo el área con la reducción por el redondeo exterior del empaque de ala se reduce el margen de seguridad (del 43 al 27%) pero aun se mantiene positivo, de forma que resulta apto el diseño del area de cierre.		

Para el caso del marco del gabinete no se parte de una dimensión límite sino que se parte de la dimensión base (ancho del gabinete), se le suman las dimensiones de empaques, canal de inyección, separación y apoyo y se calcula con que ancho de la franja de vacío se obtiene el mismo margen de seguridad que en la puerta. Este proceso se muestra en la Ilustración 34. Cálculo dimensión flanche para el gabinete. Se muestra coloreada de gris la columna con los valores sugeridos para el molde mediante el cálculo, el ancho del flanche de vacío es entonces 0.187m.

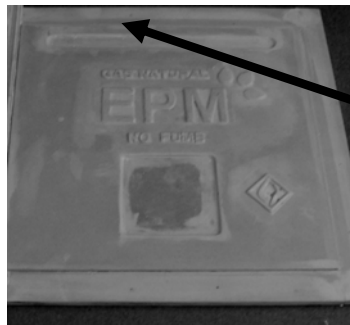
Ilustración 34. Cálculo dimensión flanche para el gabinete.

Calculo de flanches						
Gabinete						
Lg	Dimensión gabinete (cuadrado)	m2	0,400			
Pa	Presión Atm	Pa	101.325,00			
Pi	Presión Iny	Pa	277.602,74	2,74		
Ai	+Lg^2= area Cierre	m2	0,16	0,44		
Fa	+Ai*Pi= Fuerza Apertura	N	44.416,44			
Ahora para diferentes Factores de seguridad FS se determina el Ancho del flanche y el resultante del molde						
Fs	Factor seguridad (relacion de fuerzas)	1	1,00	1,27	1,57	1,70
At	+Fs*Pi*Ai/Pai= Area Total Cierre	m2	0,44	0,56	0,69	0,75
Ltmax	= (At^(1/2)-Lg)/2	m	0,131	0,173	0,215	0,232
Lt	Lt-Le/2 = Flanche real a cada lado	m	0,09	0,13	0,170	0,187
Ac	2*Lt+Lg= A Cierre real	m2	0,33	0,43	0,55	0,60
	Radio redondeo empaque exterior	m	0,1500			
	- (4-Pi)*r_redondeo^2	m2	0,05			
Ace	= area Cierre efectiva		0,28	0,39	0,50	0,55
Fsr	(Ace*Pa)/(Ai*Pi) = Fs efectivo	1	0,64	0,88	1,15	1,26
L	2*Le+2Lt+Lg = Longitud Total	m	0,662	0,746	0,830	0,863
	Margen de seguridad		-36%	-12%	15%	26%

Dimensionamiento otros detalles. La pieza del molde de la puerta requiere además definir el punto donde se conecta el vacío de la cavidad. Dado que el punto de inyección es en el centro, el vacío se ejerce en un punto cualquiera del canal periférico de alimentación de resina, que en este caso será el canal periférico de recolección de resina. El punto de vacío de la cavidad de establece entonces en el canal periférico, en el lado superior viendo la puerta de frente como se muestra en la Ilustración 35. Punto de conexión del vacuum pot. Este punto se escoge partiendo de la base de que se considera que es el punto para el cual el flujo de

resina debe sortear mayores obstáculos antes de llegar a él; dado que al vacuum pot es donde en última instancia debe llegar la resina (es decir cuando se ha llenado toda la cavidad).

Ilustración 35. Punto de conexión del vacuum pot.



Punto de  
vacío la  
cavidad.

Para el marco del gabinete se ubica el punto de inyección sobre el canal periférico de alimentación, el punto de vacío en el centro de la cavidad y el vacío del flanche en el medio de este en uno de los lados. El control de la inyección se hace utilizando un medio mecánico para estrangular la manguera cuando finalice la inyección. No se utiliza un auto sprue por limitación de presupuesto. Dado que se utiliza el mismo conector para la manguera de inyección y para la vacuum pot es posible invertir el orden de conexión para verificar los efectos.

Para dimensionar el canal periférico de ambos moldes se considera adecuado un perfil semicircular con diámetro de 5mm considerándolo como el mínimo (para minimizar desperdicio de resina) que resulta fácil de limpiar, dado que dimensiones menores presentan dificultad para remover los residuos de inyección.

Como puertos para la conexión de las mangueras se utilizan los siguientes conectores:

- Conector rápido para manguera de ½ pulgada en el canal de vacío (la mesa que se propone para la puerta ya cuenta con este conector, se requiere uno

para el molde del gabinete).

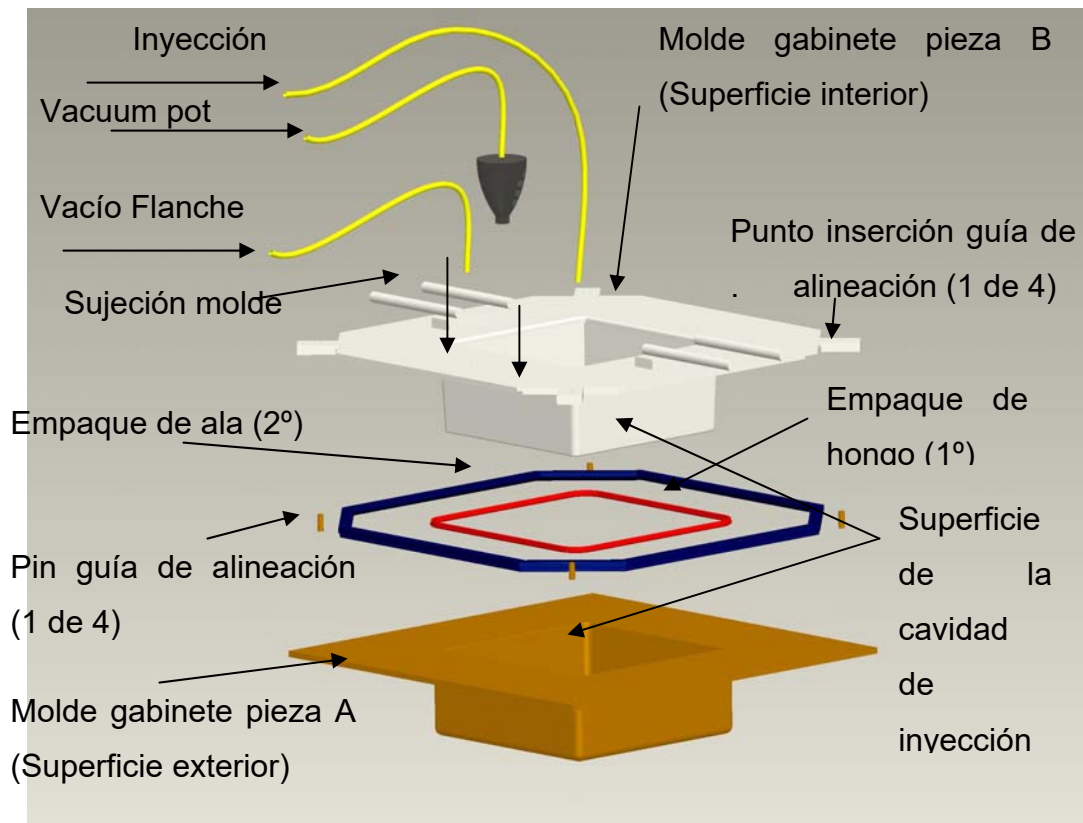
- Conector para manguera de ¼ de pulgada para el punto de inyección del gabinete y en el punto de conexión de la vacuum pot.
- 4 tornillos de 5/16" y 4 bujes del mismo diámetro para servir de guías de alineación del molde instaladas en cada esquina (solo para el molde del marco) y fijadas con PRFV.

Finalmente se requiere instalar en ambos moldes unos tubos que permitan manipularlos. Se utilizan pedazos de tubería de acero, los cuales se instalan sobre una parte plana del molde y se sujetan utilizando PRFV. Se instalan 2 pares en cada molde, un par a cada lado del molde para facilitar la manipulación de este.

Geometría. La geometría final resultado del proceso de diseño se muestra en los planos anexos. Las piezas se han agrupado bajo el plano de ensamble MLd en el Anexo K.

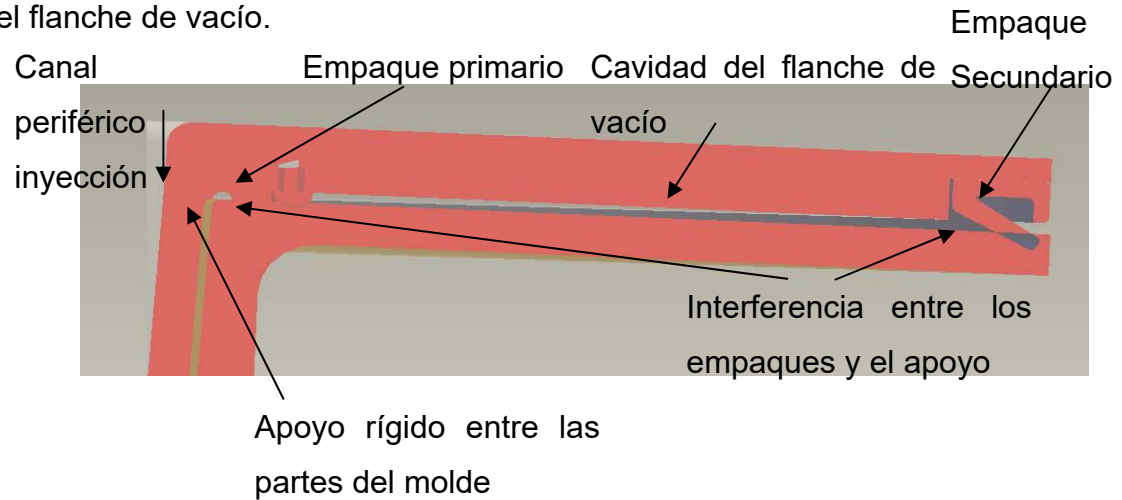
Los modelos CAD del molde se presentan en la Ilustración 36. Vista en explosión del molde ensamblado. Se muestra el ensamble completo del molde para el gabinete incluyendo las mangueras de conexión y la vacuum pot, los empaques y los pines de alineación que se señalan en la ilustración. El modelo CAD a partir del cual se hace el desarrollo del modelo mostrado en la sección anterior y del molde presentado aquí se hace a partir del diseño del gabinete, utilizando la aplicación para moldes de inyección de Pro Engineer ® (Módulo de manufactura – Cavity de molde).

Ilustración 36. Vista en explosión del molde ensamblado.



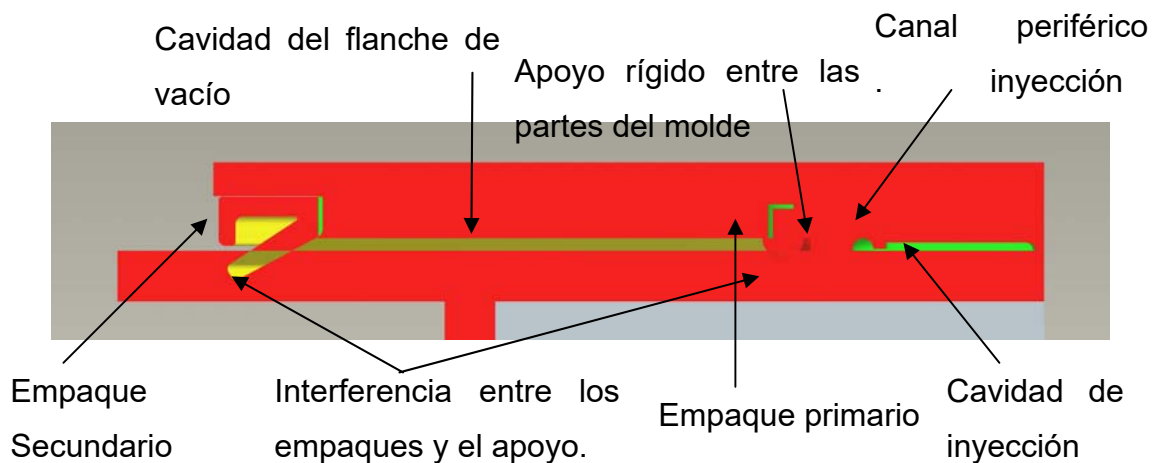
El detalle de la interfase molde – contramolde se muestra en la Ilustración 37. Corte del ensamble del molde donde se ve el detalle de la cavidad y el flanche de vacío. Puede verse el volumen de la cavidad de inyección que queda entre las partes del molde, el canal de inyección, la superficie de apoyo entre las 2 partes, el empaque de hongo (primario), la cavidad del flanche de vacío, la cavidad de inyección, el empaque de ala y la interferencia entre los empaques y la superficie donde apoyan que debido a la fuerza de cierre genera el sello requerido para mantener la resina en la cavidad de inyección y el aire fuera de la cavidad de vacío del flanche.

Ilustración 37. Corte del ensamble del molde donde se ve el detalle de la cavidad y el flanche de vacío.



En cuanto a la puerta las partes son las mismas que en las ilustraciones anteriores como puede verse en la Ilustración 38. Corte interfase molde - contramolde de la puerta.

Ilustración 38. Corte interfase molde - contramolde de la puerta.



La geometría de estas cavidades se detalla en los planos anexos ML 1.1.4 y MP 1.1.2 (Anexo K).

Se ha escogido como material el PRFV que permite obtener la forma deseada, dentro de las limitaciones de costos y manteniendo un peso bajo. En cuanto al diseño de la cavidad, se establece un diseño simple, con simetría buscando conseguir un flujo uniforme y predecible a través del refuerzo. Las superficies complementaras (canal de inyección, puntos de conexión) se mantienen simples y de dimensiones mínimas para facilitar su limpieza y minimizar el desperdicio de resina. Se escoge un material de refuerzo para la pieza con una permeabilidad buena de forma que se disminuye el tiempo de inyección sin incrementar costos dado que no existen requerimientos mecánicos que ameriten un refuerzo mejor en ese aspecto.

Para la eyección de la pieza se propone crear perforaciones en el molde exterior que permitan insertar pines después de la inyección de forma que se empuje la pieza hacia fuera. Este procedimiento se deja solo propuesto y no se implementa dentro de este proyecto de investigación.

El diseño del molde permite que se incline hacia los lados para facilitar la inserción de la preforma en forma cómoda para el operario. Se utiliza gelcoat transparente para facilitar la visualización del flujo de resina en la cavidad durante la inyección.

Preformas para construcción. Aparte del modelo que sirve como base de laminación para la cavidad, se utilizan perfiles de madera, que finalmente se recubren con sellador de nitrocelulosa y cera desmoldante para constituir la superficie del flanche de vacío. El molde se lamina sobre una lámina de hardboard de 3mm que sirve como base plana de laminación.

Proceso de Manufactura. El molde se manufactura por laminación manual a partir del modelo y de la superficie de lámina de hardboard sobre la que se dispone el modelo siguiendo el procedimiento anexo. Ver Anexo C.



El procedimiento se presenta como una lista de chequeo detallada constituyendo un medio para asegurar la concordancia con el diseño y la repetibilidad de la construcción.

Costeo molde. Antes de proceder a la construcción se hace el costeo de los moldes utilizando costeo directo. Se excluye la mano de obra y el equipo utilizado. Este proceso se muestra a continuación y muestra como con un costo de 919.000\$, inferior al de 100 gabinetes, se cumple el requisito de costo.

Ilustración 39. Costeo moldes.

Costeo moldes				
Gel coat Transparente	kg	3	\$ 24.000	\$ 72.000
Resina laminacion	kg	35	\$ 6.000	\$ 210.000
Mat 450gm2	kg	10	\$ 4.500	\$ 45.000
WR 800gm2	kg	10	\$ 5.500	\$ 55.000
Empaque hongo	m	7	\$ 18.000	\$ 126.000
Empaque Ala	m	7	\$ 12.000	\$ 84.000
Cera calibrada	hoja 1*0,15	4	\$ 18.000	\$ 72.000
Conector rápido canal vacio manguera macho	un	1	\$ 5.000	\$ 5.000
Buje conexión vacuum pot	un	2	\$ 45.000	\$ 90.000
Manguera polipropileno	m	15	\$ 4.000	\$ 60.000
Conector inyeccion sin auto sprue	un	1	\$ 5.000	\$ 5.000
Manilares	par	4	\$ 5.700	\$ 22.800
Mek P	kg	1,176	\$ 11.500	\$ 13.524
Alcohol polivinilico desmoldante	lt	2	\$ 3.000	\$ 6.000
				\$ 919.004

El resultado mostrado en Ilustración 39. Costeo moldes. Se hace de la siguiente forma:

- El cálculo del gelcoat se hace midiendo la superficie que se debe cubrir (en el modelo CAD), multiplicando por un espesor de 0.5mm y por una densidad de 1200kg/m3 obteniendo el peso requerido. Se hace lo mismo para la resina pero con un espesor de 5mm.

Ecuación 1. Cálculo consumo de resina.

$$peso\_gelcoat = area * 0.5mm * 1200 \frac{kg}{m^3}$$

$$peso\_resina = area * 5mm * 1200 \frac{kg}{m^3}$$

- El cálculo del material de refuerzo se hace con el área que se requiere cubrir, utilizando la densidad del tipo de refuerzo (400gr/m<sup>2</sup> para el mat y 800gr/m<sup>2</sup> para el woven roving) y el número de capas se encuentra el peso requerido.

Ecuación 2. Cálculo de consumo refuerzo.

$$peso\_refuerzo = area * \#capas * densidad\_superficial(\frac{kg}{m^2})$$

- Los empaques se calculan de acuerdo a la longitud requerida según la trayectoria mostrada.

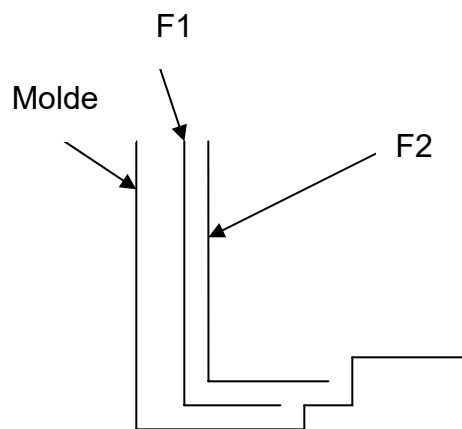
Estratificado para molde prototipo. El estratificado para el molde, es decir el tipo, cantidad y orden en que se dispone el material de refuerzo durante la laminación se define de acuerdo a la recomendación de (MUSSETI,2001), reduciendo lo recomendado dado que es un molde prototipo y no un molde para producción.

2.5.4 Proceso de manufactura del gabinete. El proceso de manufactura consiste en 5 actividades: Preparación del molde, inserción de preforma, inyección, desmoldeo y acabado. Las actividades se establecen en forma detallada en la lista de chequeo anexa como un mecanismo para asegurar la calidad del producto y la repetibilidad del proceso independiente del operario. Ver Anexo D.

La preparación del molde consiste en aplicar el agente desmoldante que evita la adhesión entre la pieza y el molde del mismo material.

Sobre el molde cuya superficie se ha preparado con desmoldante se disponen las piezas de la preforma en el siguiente orden de acuerdo al etiquetado antes descrito. La franja F1 se instala sobre el molde macho haciendo el dobléz de las pestañas interiores que conforman el marco, esta tarea se repite observando que el dobléz interior es menor (Ver planos G1.1.5, G1.1.6 y G1.1.7). Las partes de refuerzo se fijan con adhesivo de silicona entre si para evitar que se muevan. No se adhieren al molde.

Ilustración 40. Detalle disposición preforma en el molde del gabinete



El procedimiento para la puerta es el mismo, disponiendo las dos capas de refuerzo sobre la mesa.

El detalle de los cortes de la preforma se muestra en los planos anexos G1.1.5, G1.1.6, G1.1.7, G1.2.5, G1.2.6. El detalle del corte de las preformas a partir del rollo se muestra en el plano anexo G1.3. La disposición de las preformas en el molde se muestra en el plano G1.1.7 (Anexo K).

Para la inyección, con el equipo preparado según las instrucciones del fabricante, se conecta la bomba de vacío al puerto del canal de sellado y la conexión regulada al vacuum pot y este al punto de vacío de la cavidad. La manguera de inyección se conecta al punto de inyección, esto no es necesario en el caso de la puerta dado que se utiliza el Auto Sprue. Se ejerce vacío sobre ambas conexiones (máximo en el canal, 35% en la cavidad). La presión de inyección se regula a 40psi. Se programa el equipo para inyectar 450ml de resina (125 para la puerta). El catalizador se regula para 3%. Al finalizar el ciclo de inyección se esperan 30 minutos para dejar que cure la resina. Finalizado este tiempo es posible abrir el molde.

Luego de abierto el molde se lleva a cabo la extracción de la pieza separando esta del molde. Se verifica que no se haya producido ningún daño sobre el molde.

La operación final consiste en retirar las rebabas, perforar los agujeros e instalar las tuercas y láminas de sujeción a pared. La perforación de agujeros e instalación de láminas y tuercas no se hace para los prototipos.

## 2.6 LISTADO DE PLANOS

Los planos se organizan a partir de un ensamble principal, presentando un diagrama general, en grupos de acuerdo a los subensambles. Finalmente se presentan los planos auxiliares. La forma en que se organizan los planos se presenta en las siguientes tablas relacionadas con los planos del modelo, del molde del gabinete, del molde de la puerta y del modelo maestro. Los ensambles son los que se listan en la siguiente tabla que indica el número del plano de ensamble.

Tabla 4. Listado de ensambles.

Lista de ensambles			
Versión		Fecha	10.09.2006
1.0		Responsable	Andrés Hernández
Plano	Descripción		
D0	Diagrama organización planos		
ML d	Ensamble molde		
MP d	Ensamble gabinete		
M d	Ensamble modelo maestro		

La siguiente lista muestra como se han organizado los planos para manufactura separados en planos del modelo, del molde y del gabinete.

Tabla planos modelo.

Tabla 5. Listado de planos del modelo para manufactura.

Lista de planos para manufactura			
Modelo maestro gabinete			
Objeto		gas	Fecha
Versión		1.0	10.09.2006
		Responsable	Andrés Hernández
Plano	Descripción		
Md	Diagrama organización planos		
M1	Plano detalle modelo maestro gabinete		
M2	Plano detalle modelo maestro puerta		

Tabla planos molde

Tabla 6. Listado de planos y piezas comerciales del molde para manufactura.

Lista de planos para manufactura			
Objeto	Molde gabinete medidores	Fecha	10.09.2006
Versión	1.0	Responsable	Andrés Hernández
Plano	Descripción		
<b>MI1</b>	<b>Diagrama organización planos</b>		
MI1	Plano de ensamble		
MI1.1	Isométrico Contramolde gabinete - Pieza B (interior)		
MI1.1.1	Detalle pieza B		
MI1.1.2	Detalle ubicación manillares		
MI1.1.3	Detalle ubicación conectores		
MI1.1.4	Detalle cavidades para empaques		
MI1.1.5	Detalle guía de alineación		
MI1.2	Molde gabinete - Pieza A (Exterior) isométrico		
MI1.2.1	Detalle pieza A		
MI1.2.2	Vista de corte Pieza A		
MI2	Lista de partes		

Tabla 7. Listado de planos y piezas comerciales del molde de la puerta para manufactura.

Lista de planos para manufactura			
Objeto	Molde puerta gabinetes	Fecha	10.09.2006
Versión	1.0	Responsable	Andrés Hernández
Plano	Descripción		
<b>Mpd</b>	<b>Diagrama organización planos</b>		
Mp1	Plano de ensamble		
Mp1.1	Vista isométrica del molde pieza A (superior)		
Mp1.1.1	Detalle pieza A molde puerta (superior)		
Mp1.1.2	Detalle ubicación manilares		
Mp1.1.3	Detalle ubicación conectores pieza A		
Mp1.1.4	Detalle cavidades para empaques		
Mp1.2	Isométrico Mesa inyección		
Mp1.2.1	Detalle mesa de inyección		
Mp 1.2.2	Detalle ubicación conectores mesa de inyección		
Mp2	Lista de partes		

Tabla planos del gabinete.

Tabla 8. Listado de planos del gabinete.

Lista de planos para manufactura			
Objeto	Gabinete	Fecha	10.09.2006
Versión	1.0	Responsable	Andrés Hernández
Plano	Descripción		
<b>Gd</b>	<b>Diagrama organización planos</b>		
G1	Plano de ensamble		
G1.1	Gabinete		
G1.1.1	Detalle agujeros frontal y puerta		
G1.1.2	Detalle agujeros puerta		
G1.1.3	Detalle placas posteriores		
G1.1.4	Vista de isométrico		
G1.1.4	Vista de corte		
G1.1.5	Preforma F1		
G1.1.6	Preforma F2		
G1.1.7	Montaje Preforma		
G1.2	Puerta		
G1.2.1	Detalle agujeros		
G1.2.2	Detalle letras		
G1.2.3	Detalle logo		
G1.2.4	Vista de isométrico		
G1.2.5	Preforma G1G2		
G1.2.6	Montaje Preforma		
G1.3	Detalle corte de preformas del rollo		
G3	Listado de partes comerciales		
G2	Lista de partes		

## 2.7 CONCLUSION

En este punto se encuentra definido en detalle el concepto de diseño propuesto para el problema planteado con la suficiente documentación para iniciar la fase de construcción, a través de planos y procedimientos de manufactura comprendiendo tanto el producto final como el herramental requerido. Los resultados de la fase de diseño los constituyen los planos y los procedimientos que en conjunto con el análisis paramétrico y de detalle, componen las memorias de diseño.



### 3 CONSTRUCCIÓN

La fase de construcción comprende la ejecución de lo planeado en la fase de diseño. Se muestra en forma principalmente gráfica, y de acuerdo al orden de ejecución, el procedimiento seguido para dar forma a los productos presentados.

#### 3.1 PROCEDIMIENTO Y RESULTADOS

La corporificación del diseño se lleva a cabo por medio de 3 procesos básicos secuenciales llevando finalmente a obtener los prototipos de los gabinetes: Construcción de Modelo maestro, Moldes y prototipos.

3.1.1 Pruebas preliminares. Antes de iniciar la construcción se ejecutan algunas pruebas con el fin de validar la forma de trabajo. Estas pruebas junto con los resultados obtenidos se presentan a continuación.

Gelcoat. El gelcoat se prepara según la receta del procedimiento (Anexo C). Al final de la preparación se realiza una medición de la viscosidad y del índice de tixotropía<sup>2</sup>. Las mediciones se muestran a medida que se adiciona estireno a la mezcla preparada:

---

<sup>2</sup> Tixotropía: en términos simples es la tendencia de un fluido de adherirse a una superficie vertical, a mayor índice será mayor el espesor de la capa de fluido que se mantiene en la superficie vertical sin escurrirse. ([www.fibreglast.com/contentpages-glossary+of+terms+in+composites-163.html](http://www.fibreglast.com/contentpages-glossary+of+terms+in+composites-163.html))

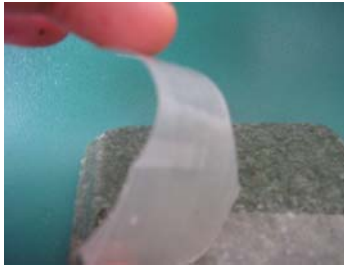
Tabla 9. Resultados viscosidad del gelcoat.

% Estireno agregado	Viscosidad Brookfield a 2RPM (cps)	Viscosidad Brookfield a 20RPM (cps)	Índice de tixotropía (adimensional) $=V@2RPM/V@20RPM$
0%	17400	5800	3
4%	14000	4100	3.4
6%	13600	3400	4

Finalmente se obtiene el índice de tixotropía y la viscosidad dentro del rango recomendado para el gelcoat (SUÁREZ, 2006).

También se lleva a cabo una prueba para medir el tiempo de gel del gelcoat, se encuentra que con un 1.5% de catalizador una muestra de 100gr pierde su fluidez en 8 minutos, y una aplicación superficial de espesor delgado gela en 20 minutos, para esta última se verifica el espesor encontrando un espesor de 0.25mm, lo que corrobora que con 2 capas se obtiene un espesor entre 0.45 y 0.6mm como se indica para los gelcoat de moldes. Esta prueba permite ajustar las propiedades del gelcoat para permitir una correcta aplicación dando el espesor requerido incluso en superficies verticales La Ilustración 41. Aplicación de gelcoat para medir espesor, flexibilidad y brillo. Muestra el resultado obtenido de la prueba de aplicación del gelcoat, se obtiene una superficie brillante, sin burbujas y con un espesor de 0.25mm en una capa.

Ilustración 41. Aplicación de gelcoat para medir espesor, flexibilidad y brillo.



Masilla. Se prepara la masilla según el procedimiento encontrando un gelado de 25 minutos con un 2% de catalizador. Su aplicación es simple, mantiene la forma y da un acabado uniforme por lo que resulta apta para masillar cavidades o ángulos interiores en los que sería difícil aplicar directamente el refuerzo. Esta prueba permite verificar la consistencia de la masilla para su aplicación en cavidades y ángulos cóncavos y el tiempo que toma para gelar. La siguiente ilustración muestra el resultado de la prueba de aplicación de la masilla sobre una superficie de madera.

Ilustración 42. Prueba de aplicación de la masilla.



Resina. Se realiza una prueba de gelado de la resina de laminación (BASF XLC01) con el fin de tener un parámetro guía para la laminación y así evitar que el gelado sea muy rápido o muy lento impidiendo la aplicación correcta de una preparación de resina. Con esta prueba se pretende conocer el tiempo de gelado de la resina en el recipiente, este tiempo es menor que el de la resina aplicada en un laminado. El resultado se muestra en la Ilustración 43. Prueba de aplicación de

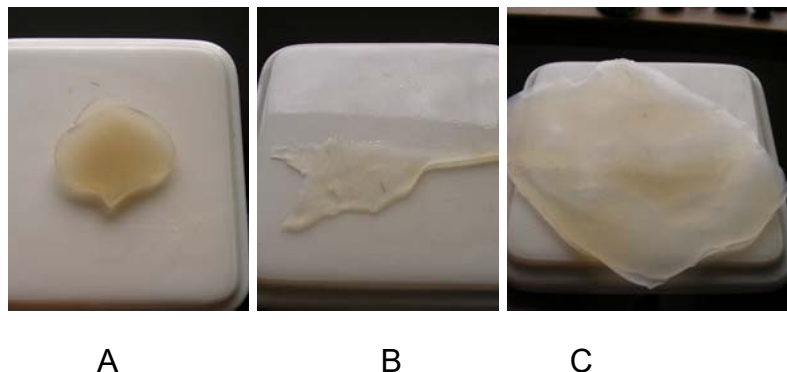
la resina de laminación. Mostrando un tiempo de gel de 25 minutos con un 1.3% de catalizador y 0.15 de acelerador.

Ilustración 43. Prueba de aplicación de la resina de laminación.



Desmoldante. Se aplica gelcoat sobre superficies con cera, alcohol polivinílico (APV) y una tercera con cera primero y APV después. Los resultados, con los que se busca verificar la efectividad de los desmoldantes propuestos para evitar la adherencia del poliéster al modelo usado, se muestran en la siguiente imagen. Las 3 pruebas muestran un adecuado funcionamiento del producto, encontrándose los mejores resultados en la combinación de cera y APV donde además de la no adherencia se obtiene brillo. La superficie base usada es lámina de hardboard.

Ilustración 44. Prueba de desmoldantes, Cera (A), APV (B) y APV sobre cera (C).



Laminados. Para validar la aplicación del tejido de refuerzo se laminan 2 piezas con resina de laminación Palatal COP4, a una de ellas se le agrega pasta

retardante al fuego. Los resultados se muestran en Ilustración 45. Pruebas de laminación, izquierda resina COP4 de BASF, derecha misma resina con adición de pasta retardante laminados sobre refuerzo tipo mat de hilos picados de fibra de vidrio. La pasta retardante tiene un fuerte efecto en la viscosidad elevándola hasta convertirla en una pasta que no fluye al inclinar el recipiente, además de que genera un color blanco. El objetivo de esta prueba es verificar el tiempo de gelado de la resina en un laminado y generar probetas para otras pruebas que se muestran mas adelante en la evaluación. La pasta retardante utilizada fue suministrada por LA Tejada y CIA Ltda. (latejadaycia@etb.net.co, Bogotá D.C.) Y es una dispersión especial constituida por compuestos químicos resistentes al fuego y de baja toxicidad utilizada entre otras cosas para partes de vehículos automotores.

Ilustración 45. Pruebas de laminación, izquierda resina COP4 de BASF, derecha misma resina con adición de pasta retardante laminados sobre refuerzo tipo mat de hilos picados de fibra de vidrio.



Resistencia a la llama. Se ejecutan algunas pruebas relacionadas con la resistencia a la llama del material que se presentan en el capítulo de evaluación.

3.1.2 Modelo maestro. La construcción se inicia con el modelo de la pieza final. Este consiste en un sólido con la superficie exterior del gabinete. En su construcción se utilizan láminas de MDF para las superficies planas y biseles de madera con forma de  $\frac{1}{4}$  de círculo para los radios entre las caras planas. Se cortan las láminas según los planos y se unen, montadas sobre guías que

aseguran la forma deseada, utilizando pegamento para madera.

Para la superficie superior se utiliza una superficie plana sobre la que se genera el relieve donde se apoyará la puerta utilizando una fresadora. Cuando se tiene el modelo armado se refuerza su interior utilizando masilla de resina poliéster y masilla lijable para madera en el exterior de forma que se asegure una estructura rígida y una superficie uniforme respectivamente.

En la puerta se utilizan los mismos materiales. Para los logos y las letras se utiliza cartón sellado con masilla y nitrocelulosa para generar los radios de curvatura entre las caras planas y generar la superficie dura y con posibilidad de adquirir brillo que se requiere. El resultado se muestra en Ilustración 46. Modelo de la puerta después de aplicada la masilla sobre el MDF.

Ilustración 46. Modelo de la puerta después de aplicada la masilla sobre el MDF.



Para mejorar el acabado y asegurar una superficie que no se adherirá al poliéster del molde, se sella la madera con sellador lijable de nitrocelulosa. Se aplican 5 capas entre las cuales se lija (#220). Antes de la última capa se utiliza lija #360 y después de la última se utiliza lija 360, 500, 600 y 1000. Se obtiene el producto mostrado en la Ilustración 47. Modelos después de la aplicación del sellador de nitrocelulosa.

Ilustración 47. Modelos después de la aplicación del sellador de nitrocelulosa.



Por último se utiliza pasta pulidora para dar el brillo final, se limpia la superficie y se aplican 8 capas de cera desmoldante. Entre cada capa se debe dejar secar y brillar con un paño suave. Esto se hace como desmoldante, para asegurar que el modelo no se adherirá al molde durante su laminación. El brillo que finalmente se obtiene se muestra en Ilustración 48. Modelos brillados con cera desmoldante y paño suave.

Ilustración 48. Modelos brillados con cera desmoldante y paño suave.



La superficie complementaria del molde, que comprende el flanche de vacío y las cavidades para los empaques se modela utilizando madera de balsa y lámina de Hardboard. Para el molde de la puerta esta superficie se dispone sobre una superficie plana alrededor de la puerta para su laminación en una sola operación.

En el caso el gabinete, dado que el molde requiere manufacturar dos piezas, la primera se lamina sobre una superficie plana, la segunda se lamina sobre la primera incluyendo un núcleo que genera la cavidad de inyección y una preforma que genera los espacios para el flanche de vacío y los empaques requeridos.

Ambos modelos se adhieren a la superficie de laminación utilizando adhesivo para madera como se muestra en Ilustración 49. Disposición de los modelos sobre las superficies de laminación.

Ilustración 49. Disposición de los modelos sobre las superficies de laminación.



Una vez instalados los modelos, en el caso de la puerta se instaló la preforma para generar el flanche de vacío como se muestra en la Ilustración 50. Instalación de preforma para el flanche de vacío y cavidades de los empaques. Alrededor de la preforma se instalan perfiles de aluminio para delimitar el área del molde.

Ilustración 50. Instalación de preforma para el flanche de vacío y cavidades de los empaques.





Antes de la laminación se verifica parte de la preforma del flanche de vacío del gabinete como se muestra en Ilustración 51. Prueba preliminar de la preforma para el flanche de vacío.

Ilustración 51. Prueba preliminar de la preforma para el flanche de vacío.



En el caso del gabinete se instalan solo los perfiles en la periferia ya que el área exterior se requiere simplemente plana como se muestra en la Ilustración 52. Instalación de perfiles en la periferia del modelo del gabinete.

Ilustración 52. Instalación de perfiles en la periferia del modelo del gabinete.



Para finalizar la construcción y preparación del modelo se aplica una última capa de desmoldante, se utiliza alcohol polivinílico (APV) aplicado con aerógrafo.

En el área del flanche se aplica cera desmoldante tal como en el modelo y también 2 capas de APV al final. Se utiliza el APV como precaución adicional dado que el hardboard no ha sido sellado como se hizo con el modelo, ver Ilustración 53. Aplicación del alcohol polivinílico.

Ilustración 53. Aplicación del alcohol polivinílico.



3.1.3 Molde. La manufactura del molde se lleva a cabo en 2 partes, en la primera se laminan en forma paralela el molde para la puerta y el molde base del gabinete.

Gabinete. Se inicia con la aplicación del gelcoat como se muestra en Ilustración 54. Modelo después de la aplicación del gelcoat transparente.

Ilustración 54. Modelo después de la aplicación del gelcoat transparente.



Posteriormente se lamina el poliéster reforzado con fibra de vidrio de acuerdo al procedimiento establecido. La laminación del molde del gabinete se muestra en Ilustración 55. Laminación primera parte del molde para el gabinete.

Ilustración 55. Laminación primera parte del molde para el gabinete.





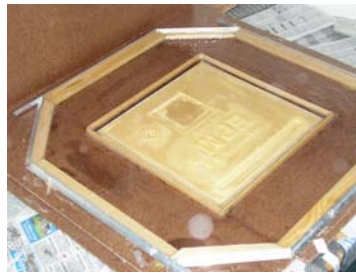
Este proceso finaliza con la extracción del modelo o desmoldeo que se muestra en Ilustración 56. Extracción del modelo del interior del molde. Primero se retira el hardboard y finalmente se extrae el modelo de la cavidad de inyección. Se utiliza aire comprimido para facilitar la extracción.

Ilustración 56. Extracción del modelo del interior del molde.



Puerta. El proceso del molde de la puerta es similar. Inicia con la aplicación del gelcoat que se ve en Ilustración 57. Modelo de la puerta después de aplicar el gelcoat transparente.

Ilustración 57. Modelo de la puerta después de aplicar el gelcoat transparente.



Dado que esta pieza incluye bordes en los que es difícil la aplicación del refuerzo, es necesario aplicar masilla de forma que se eliminen los cambios fuertes de dirección y se generen en cambio superficies suaves. Esto se muestra en Ilustración 58. Aplicación de masilla en los bordes.

Ilustración 58. Aplicación de masilla en los bordes.



El molde se lámina utilizando el mismo procedimiento mostrado antes como se muestra en la Ilustración 59. Laminación del molde para la puerta.

Ilustración 59. Laminación del molde para la puerta.



Finalmente se desmolda la pieza obteniendo lo que muestra la Ilustración 60. Secuencia de desmoldeo de la pieza. Puede verse como el funcionamiento del desmoldante es correcto ya que no hay restos, del material usado como base (lámina de hardboard) ni del modelo de la puerta, adheridos al molde, además se obtiene una superficie brillante sin poros ni burbujas. Las imágenes muestran la secuencia desde que se separa el modelo del laminado hasta que se obtiene la pieza final limpia y acabada.

Ilustración 60. Secuencia de desmoldeo de la pieza.



Segunda parte del molde del gabinete. Sobre la parte del molde del gabinete que se muestra antes, previa aplicación de desmoldante, se deposita una lámina con un espesor de 2 mm. En la superficie que constituye el exterior del gabinete

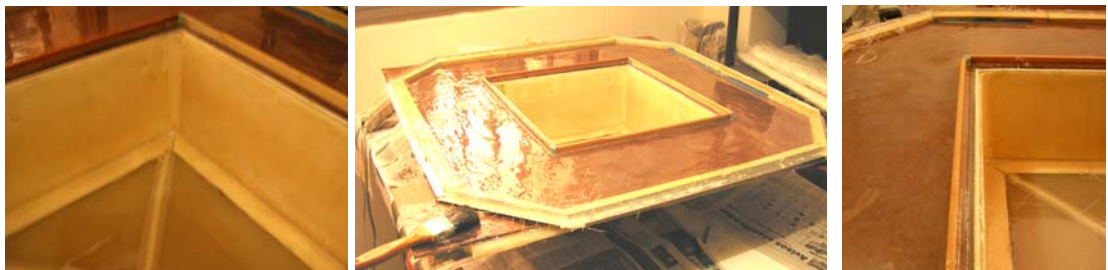
generando el volumen de la cavidad de inyección. Esta lámina recibe también varias capas de desmoldante y se muestra en la siguiente ilustración.

Ilustración 61. Lámina con espesor de 2mm para generar la cavidad de inyección.



En la superficie del flanche de vacío se instala la preforma formando el volumen del canal de vacío y los espacios para el canal de flujo y para los empaques del molde. Sobre las preformas se aplica desmoldante y se obtiene el resultado presentado en la Ilustración 62. Instalación de preformas para el flanche de vacío.

Ilustración 62. Instalación de preformas para el flanche de vacío.



Sobre la preforma y la cera se aplican 2 capas de gelcoat que constituyen la superficie del molde. Es muy importante asegurar que no queda ningún punto del molde base sin desmoldante ya que la adherencia del poliéster sobre él mismo es total y como ambas piezas se requieren no es posible remover ninguna destruyéndola como si puede hacerse con la madera del modelo. La Ilustración 63. Modelo posterior a la aplicación del gelcoat. Muestra el modelo después de aplicado el gelcoat.



Ilustración 63. Modelo posterior a la aplicación del gelcoat.



Aplicado el gelcoat, se inicia la laminación según el estratificado propuesto hasta completar el número de capas deseado. Se parte del corte de los refuerzos de acuerdo a la forma de la pieza buscando una aplicación uniforme y sencilla hasta conseguir el resultado de la Ilustración 64. Laminación del contramolde.

Ilustración 64. Laminación del contramolde.



Una vez terminada la laminación, se deja curar el molde por alrededor de 30 horas y se procede a separar las partes. Para esto se utilizan cuñas de madera con un ángulo de  $20^\circ$  que se insertan por todos los lados ejerciendo una presión uniforme en el sentido de apertura hasta que se logra separar las partes. En ese momento se escucha un sonido progresivamente creciente que muestra que la unión esta cediendo y se esta logrando la apertura.

Ilustración 65. Separación del laminado.



La ilustración anterior permite percibir una idea del tamaño del molde al presentarse al lado de una persona.

Finalizado el desmoldeo de la segunda parte del molde del gabinete (PIEZAB) se pulen los bordes y rebabas y se limpia el molde, el resultado se muestra en la Ilustración 66. Resultado de la laminación del contramolde.

Ilustración 66. Resultado de la laminación del contramolde.



Los manilares, o puntos de sujeción del molde, y las boquillas se instalan durante la laminación como se muestra en la Ilustración 66. Resultado de la laminación del contramolde., después de reparados los defectos. El detalle de estos puede verse en la Ilustración 69. Detalle de los manilares del contramolde.

En ambas piezas (molde y contramolde) se corrigen los defectos superficiales, burbujas principalmente, perforando 2 pequeños agujeros, uno para inyectar



resina y otro para que salga el aire. Los que no se corrigen de esta forma requieren romper la burbuja y rellenar con masilla para luego pulir. Dejar las burbujas implica que durante la inyección estas puedan reventarse y llenarse de resina. En la superficie exterior se pulen los picos para generar una superficie relativamente uniforme. Se aplica masilla en algunos puntos para corregir los agujeros que se encuentran en la superficie de inyección como se muestra en la Ilustración 67. Reparación superficie de la cavidad de inyección.

Ilustración 67. Reparación superficie de la cavidad de inyección.



Las guías para asegurar la alineación del conjunto molde –contramolde se incluyen en una operación posterior como se muestra en la Ilustración 68. Detalle de las guías para alinear el molde. Se incluye un buje guía en cada esquina del molde (4) para ser atravesados con tornillos que aseguraran la alineación de las partes durante la inyección controlando así el espesor.

Ilustración 68. Detalle de las guías para alinear el molde.

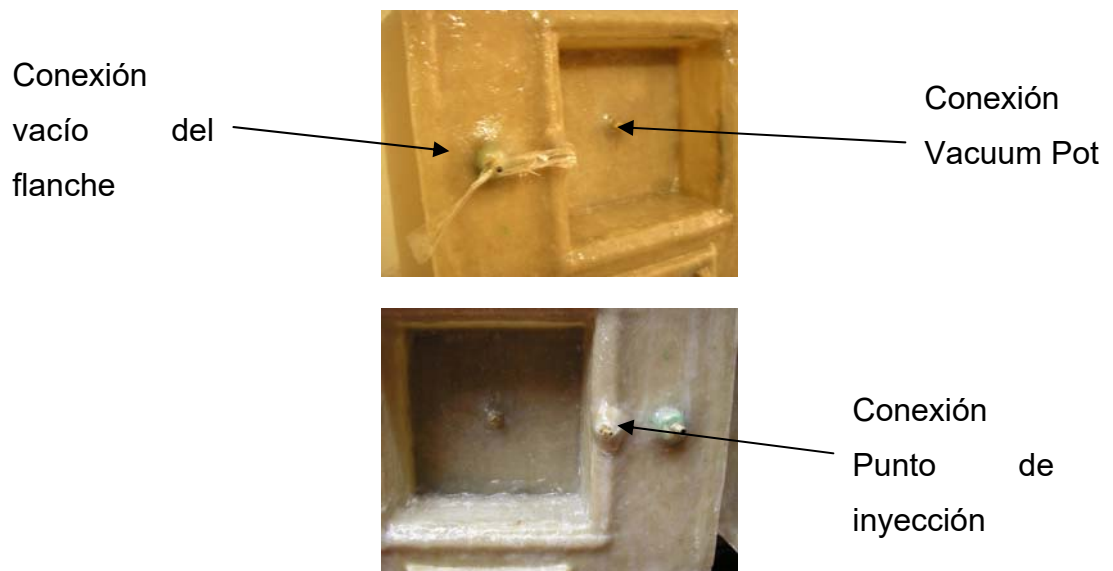


Ilustración 69. Detalle de los manilares del contramolde.



Conexiones. Las boquillas para el punto de inyección, la conexión del vacuum pot y el punto de vacío del flanche se instalan utilizando los residuos del mat cortado para la laminación constituyendo el espesor necesario para sujetar las boquillas. Estas boquillas se muestran en la Ilustración 70. Detalle de puntos de conexión.

Ilustración 70. Detalle de puntos de conexión.



Acabado final. Finalmente se retiran las rebabas y se hace una limpieza general del molde, obteniendo el resultado que se muestra en la Ilustración 71. Contramolde antes de instalar los empaques.

Ilustración 71. Contramolde antes de instalar los empaques.



La Ilustración 72. Detalle espesor flanche de vacío., muestra el detalle del espesor del canal de vacío (flanche) entre el molde y el contramolde.

Ilustración 72. Detalle espesor flanche de vacío.



El acabado del molde del gabinete (pieza laminada inicialmente) después de corregir algunos defectos superficiales se muestra en la Ilustración 73. Acabado superficial del molde.

Ilustración 73. Acabado superficial del molde.



Ensamble. Acabadas ambas piezas y previo a la instalación de los empaques, se hace una prueba de ensamble para verificar el cierre y la coincidencia de los agujeros guía. El molde ensamblado se muestra en la siguiente imagen.

Ilustración 74. Ensamble del conjunto molde - contramolde.



En la siguiente imagen se muestran las 3 piezas construidas hasta este punto, pendientes solo de la instalación de los empaques.

Ilustración 75. Moldes contruidos.



Empaques. Se instalan los empaques primario y secundario utilizando adhesivo (silicona para el primario y adhesivo para caucho para el secundario sobre una

superficie limpia y seca. El resultado se muestra en la Ilustración 76. Molde del gabinete y de la puerta con los empaques primario y secundario instalados.

Ilustración 76. Molde del gabinete y de la puerta con los empaques primario y secundario instalados.



Núcleo rigidizante. Para mejorar el sello del empaque secundario en ambos moldes, se inserta un núcleo rígido en el medio del empaque de ala que ejerce una presión uniforme sobre ambas caras del empaque de forma que se asegura un sello mejor. Antes de implementar esta solución se encuentran problemas con el sellado del molde que ocasionan perdida de la presión de vacío por lo que se procede a implementarla. El detalle de esta solución se muestra en la Ilustración 77. Inserción de manguera en el empaque de ala para mejorar el sello con el molde.

Ilustración 77. Inserción de manguera en el empaque de ala para mejorar el sello con el molde.



3.1.4 Prototipos. La fase de construcción de los prototipos comprende las

actividades presentadas en el costeo basado en actividades, estas se presentan en detalle a continuación según fueron ejecutadas. Al final se presenta un resumen del tiempo requerido para cada actividad y de la frecuencia con que debe realizarse.

Por razones externas al proyecto no ha sido posible inyectar los gabinetes con una resina cuyas propiedades de comportamiento a la llama hayan sido mejoradas por medio de un aditivo, dado que las resinas de este tipo no han sido validadas para ser utilizadas en el equipo de RTM Light. Esta validación requiere un proceso que excede el horizonte de tiempo para el cual se presentó el presente proyecto de investigación. De todas formas se han elaborado probetas con el aditivo mencionado, con la diferencia de que fueron manufacturadas por laminación manual y no por inyección, que permiten evaluar bajo condiciones de laboratorio el comportamiento del material modificado y sin modificar ante la llama. Por la misma razón tampoco se incluye la pasta colorante en la resina de inyección.

Preparación del molde. Comprende la limpieza de los moldes y la aplicación del desmoldante en toda la superficie de inyección y en el canal de vacío (como precaución). Esta actividad toma 2-3 horas y es útil por 10-15 inyecciones. Si es necesario pulir la superficie del molde (antes de aplicar el desmoldante) pueden requerirse cerca de 8 horas adicionales.

Como desmoldante se utiliza un sistema semipermanente compuesto por 3 productos: limpiador, sellador y desmoldante con una duración de hasta 15 inyecciones aplicado en la siguiente forma:

- 2 capas de limpiador TR905, una cada 12 minutos. Consume 80gr para los 3m<sup>2</sup> de superficie total de los moldes.
- 4 capas de sellador TR910, una cada 12 minutos. El consumo es de 100gr en total.

- 6 capas de Desmoldante TR930, una cada 12 minutos consumiendo en total 100gr.

Corte preformas. De acuerdo a la disposición propuesta en el diseño se corta el material de refuerzo y se agrupa según la pieza a la que corresponde cada corte. Se hacen los cortes adicionales que se necesitan para dar la forma requerida. Se juntan las piezas F1 y F2 así como las G1 y G2 y se disponen en el molde. La Ilustración 78. Preforma extendida. Muestra la preforma extendida después del corte. La Ilustración 79. Detalle corte en ángulo. Muestra el detalle del corte en ángulo que permite conformar el marco frontal al doblar las caras laterales constituyendo la forma que se muestra en la Ilustración 81. Preforma dispuesta en el molde. Donde se muestra la preforma del gabinete antes de ser cerrado para la inyección.

Ilustración 78. Preforma extendida.



Ilustración 79. Detalle corte en ángulo.



Respecto a la puerta, las preformas con los cortes requeridos se muestran en la Ilustración 80. Preforma de la puerta. antes de disponerse en el molde y preparadas en el molde para la inyección en la Ilustración 83. Preforma de la puerta instalada en el molde.



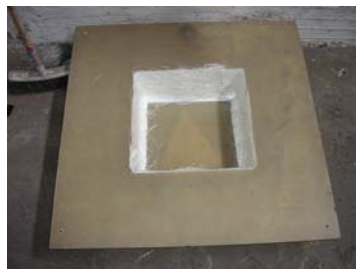
Ilustración 80. Preforma de la puerta.



Preparación de la resina y del equipo. La resina se encuentra preparada para el proceso dado que la empresa la utiliza junto con el resto del equipo mencionado otros productos. Es resina Palatal P98T de BASF cuya viscosidad ha sido reducida por debajo de los 500 cps, que ha sido preacelerada para conseguir un ciclo de inyección corto y cuyo desempeño ha sido validado previamente por la empresa. Se conecta la manguera de vacío, el vacuum pot y el punto de inyección al molde como se muestra en la Ilustración 84. Molde conectado al equipo de vacío e inyección. El diseño del molde permite que se haga la inyección por el centro y el vacío en la periferia o viceversa.

Disposición preforma. Los cortes del material de refuerzo se disponen en el molde exterior (pieza A), alineándolos según la forma de la cavidad como se muestra en la siguiente ilustración.

Ilustración 81. Preforma dispuesta en el molde.



La forma como los cortes en ángulo de la preforma se ajustan para conformar la superficie del gabinete se muestra en la Ilustración 82. Ajuste de los cortes en



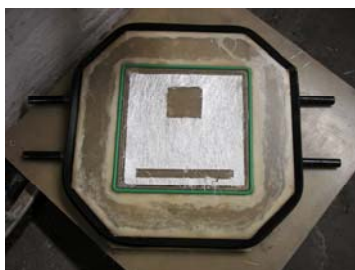
ángulo. Puede verse como la preforma diseñada se ajusta fielmente al molde mostrando un corte adecuado.

Ilustración 82. Ajuste de los cortes en ángulo.



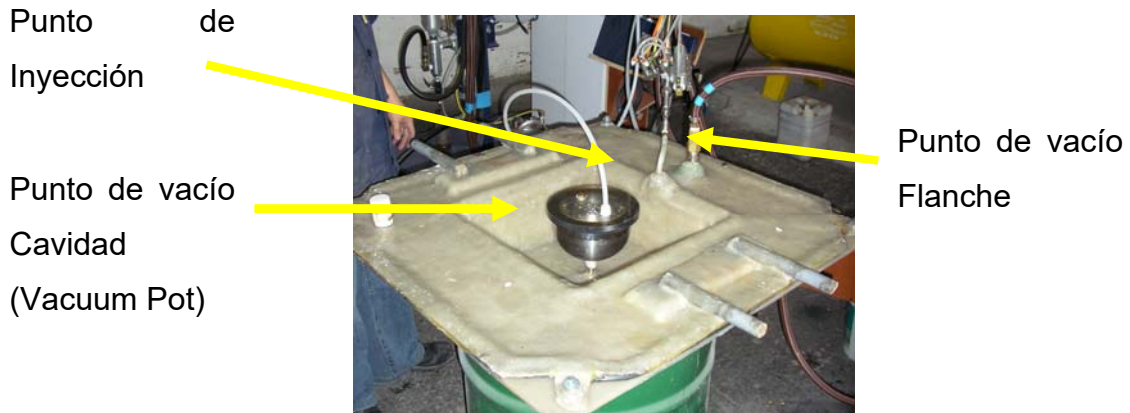
De la misma forma se dispone la preforma de la puerta en el molde como se muestra en la Ilustración 83. Preforma de la puerta instalada en el molde.

Ilustración 83. Preforma de la puerta instalada en el molde.



Cierre molde. Se dispone la pieza B sobre la pieza A y se instalan los tornillos en los agujeros guías para mantener cerrado el molde como se muestra en la siguiente ilustración.

Ilustración 84. Molde conectado al equipo de vacío e inyección.



Inyección. Establecido el volumen a inyectar en 30 pulsos (aproximadamente 430gr), el flujo de catalizador en 3% y conectados el vacío y la inyectora, se activa la máquina para iniciar la inyección. La siguiente secuencia muestra la evolución de la resina dentro del molde hasta que aparece en la vacuum pot. Dado que ambas partes del molde son del mismo color, no se presenta un contraste que permita ver la evolución de la resina claramente en las ilustraciones, pero se observa como la resina fluye primero por el canal periférico alrededor de la cavidad de inyección, luego empieza a fluir hacia la cavidad hasta que finalmente aparece resina en la vacuum pot 1.5 minutos después. La siguiente ilustración muestra el cambio de color en el punto de inyección al iniciar la inyección.

A pesar de que en la fase de diseño se propone la resina cop4, la inyección se hace con resina palatal p98t, debido a que es la que la empresa dispone en el momento de hacer las pruebas. Las implicaciones de este cambio se analizan en el capítulo de evaluación.

Ilustración 85. Diferencia en el punto de inyección antes y después de empezar a inyectar.



Finalizando la inyección se observa que aparece la resina en el vacuum pot como en la siguiente ilustración.

Ilustración 86. Aparición de la resina en la vacuum pot. La imagen (a) muestra el recipiente vacío, la imagen (b) muestra cuando la resina ha alcanzado este punto.



Curado. Se esperan 20 minutos antes de abrir el molde para permitir que la resina alcance el estado de gel. Se retira la pieza B y se revisa que no hayan quedado residuos de resina sobre este, en caso de haberlos deben retirarse cuidando de no dañar la capa de desmoldante que es útil para al menos 10 inyecciones.

Desmoldeo. Cuando la pieza haya curado se retira del molde. Esto sucede a los 30 minutos en condiciones de temperatura cercanas a los 25°C. Los tiempos se establecen de acuerdo a la curva de curado de la resina (BASF, 2006).

Acabado. El acabado consiste en pulir los bordes para remover las rebabas y luego perforar los agujeros para los tornillos de la puerta. Finalmente se instalan las láminas para la instalación de pared (ya perforadas) utilizando masilla. Para los prototipos no se realiza la actividad de perforación e instalación de las placas por considerarse como una actividad no crítica para comprobar lo propuesto en el diseño.

La siguiente ilustración muestra el primer prototipo después de haber sido retirado del molde y haber removido las rebabas.

Ilustración 87. Prototipo después del desmoldeo y la remoción de rebabas.



El procedimiento se repite de la misma forma para cada unidad producida. Las actividades de inserción de la preforma, cierre del molde, inyección, curado, apertura, desmoldeo, extracción y acabado se hacen una unidad a la vez. El corte de las preformas puede hacerse por lotes para reducir el tiempo de la operación.

Tabla 10. Resumen tiempos y frecuencia de las actividades.

Actividad	Tiempo (h)	Frecuencia
Preparación del molde	2.5	Cada 10 unidades inicialmente.
Corte preformas	0.1	Cada unidad, puede hacerse por lotes preparando kits para 10

Preparación de la resina y del equipo	0.2	unidades.
Disposición preforma, cierre molde, curado, acabado.	0.75	Cada día
Inyección	0.17	Cada unidad.
		Cada unidad.

La lista de actividades en forma detallada se encuentra en el anexo 2.

### 3.2 CONCLUSION

Se tienen contruidos en este punto los productos propuestos a partir de los cuales se puede iniciar la evaluación tanto de los productos como en forma global del proyecto. La construcción se lleva a cabo a través de un seguimiento detallado de los procedimientos y planos elaborados en la fase anterior demostrando la utilidad de disponer de un paquete de documentación detallado antes de tomar la primera herramienta.

## 4 EVALUACIÓN

En este capítulo se lleva a cabo una evaluación de los productos propuestos para el presente proyecto. El primer aspecto que se evalúa es la calidad de la solución propuesta respecto a los requisitos establecidos. Para esto se establece un protocolo de prueba que se ejecuta en los prototipos, moldes y en el proceso. Los aspectos a evaluar se separan en relativos a la tecnología y relativos a la aplicación. Finalmente se evalúa la forma en que durante el desarrollo del proyecto se cumplen cada uno de los objetivos establecidos. Dado que la síntesis de diseño comprende una fase de evaluación, en esta etapa no se trata la evaluación del diseño.

### 4.1 CALIDAD DEL PRODUCTO

La palabra calidad se entiende como la medida en que las propiedades de un producto cumplen con los requisitos establecidos por las personas involucradas, ya sean clientes, proveedores, gobierno o la misma empresa (BEHRENS, 1994), (FRAUNHOFER, 2006). La función de un sistema de calidad es demostrar a los clientes o a la autoridad regulatoria que el producto es entregado bajo las especificaciones requeridas (POTTER, 1997). Bajo esta definición se pretende desarrollar y ejecutar un protocolo que permita medir la forma en que el producto presentado cumple con las especificaciones definidas.

La medición se separa en 2 segmentos, los aspectos relacionados con el proceso y la tecnología y los relacionados con la aplicación. Respecto a la tecnología y el proceso, RTM Light, se presenta una serie de mediciones que permiten caracterizar el producto generado. Con relación a la aplicación, se evalúa el cumplimiento de lo que un producto requiere para desempeñarse en la aplicación propuesta.

El protocolo de evaluación se organiza junto con los procedimientos estándar de operación y los formatos de registro para constituir un manual de calidad del producto; manual que se integra al sistema de calidad de la empresa.

4.1.1 Evaluación en términos de la tecnología aplicada. Como tecnología para dar cuerpo al concepto de diseño desarrollado se utilizan los materiales compuestos, específicamente el proceso de RTM Light. Dentro de este enfoque se encuentran una serie de consideraciones que permiten caracterizar la calidad un producto de PRFV. Los parámetros a evaluar se presentan agrupados según se relacionan con el proceso, con el producto o con la herramienta. Se presenta la ficha que explica el procedimiento de evaluación y el formato donde se registran los resultados para cada caso.

El protocolo se presenta a manera de lista de chequeo para facilitar su ejecución por parte del responsable. Los formatos que presentan el procedimiento para la evaluación de los moldes, los prototipos (respecto a la tecnología) y del proceso se encuentran en el Anexo E. Procedimiento de evaluación de moldes, prototipos y proceso.

4.1.2 Evaluación respecto a la aplicación. Un medio para almacenar los medidores de gas natural en el sistema de gas por red requiere determinadas características para satisfacer las necesidades de la aplicación como se ha mostrado en los capítulos anteriores. A partir de esta premisa se elabora un listado de parámetros cuya revisión permite evaluar si el producto los satisface o no. Se presenta el procedimiento de evaluación junto con el registro para documentar dicha revisión.

Dado que la prueba de comportamiento a la llama, la evaluación de aptitud para instalar un medidor en su interior y de instalar el gabinete sobrepuesto o embebido

en una pared, representan una complejidad mayor que las demás, se explican en forma separada.

Prueba de comportamiento a la llama. Por motivos presupuestales y de disponibilidad de equipo no ha sido posible ejecutar una prueba en un producto terminado de tamaño real. En cambio se ha decidido evaluar el comportamiento a la llama del material por medio de probetas de acuerdo a la norma UL94. La norma ASTM D635-03 es muy similar pero trata solo la evaluación horizontal. El informe donde se presenta la forma en que se ejecuta esta prueba se encuentra en el Anexo I.

Evaluación de aptitud para instalar un medidor en su interior. Se consulta a un instalador de medidores de gas para que responda si considera que puede instalar dentro del gabinete que se le presenta un centro de medición de gas (medidor, válvula y regulador) de la misma forma que lo hace con los gabinetes de lámina. Se registra la respuesta como posible o no posible junto con los comentarios respectivos.

Evaluación de aptitud para instalar el gabinete sobrepuesto o embebido en una pared. De la misma forma que se hace la verificación anterior, se consulta al mismo instalador sobre si es posible instalar el gabinete embebido en la pared o sobrepuesto. Se registra su respuesta junto con los comentarios respectivos.

Los formatos que presentan el procedimiento para la evaluación de los prototipos respecto a la aplicación se encuentran en el Anexo F. Procedimiento de evaluación del producto respecto a la aplicación y formato de registro. Se presenta el procedimiento de evaluación y el formato para registrar los resultados.



## 4.2 RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los resultados muestran que los productos presentados cumplen con las especificaciones establecidas en el marco teórico y en el diseño. Se obtiene como resultado el grupo de productos materiales esperados, pero además la documentación que permite caracterizar los productos y analizar por que han resultado así.

Proceso. Se encuentra que las variables establecidas para el proceso de manufactura del molde son adecuadas en cuanto se consigue generar las piezas requeridas con la geometría establecida en los planos, en el material definido e incluyendo cada una de las partes necesarias para llevar a cabo el proceso.

La aplicación del gelcoat resulta simple, generando una capa uniforme del espesor adecuado, sin burbujas, que se ajusta fielmente al modelo mostrando que la formulación ha sido adecuada. El gelcoat no se escurre en las caras verticales mostrando que se ha establecido un índice de tixotropía adecuado. Las burbujas que se encuentran en los moldes se han generado durante la laminación y no en la aplicación del gelcoat. Se encuentran dificultades en el curado del gelcoat en cuanto no se obtienen tiempos de cura uniformes. Esto sugiere que debe tenerse un mejor conocimiento del tiempo que lleva la resina en el envase (respecto a la vida útil o “pot life”) y verificar con mayor precisión la adición del sistema de curado (cantidad y mezclado).

A largo plazo, el hecho de usar un gelcoat preparado en laboratorio y no uno comercial para moldes (denominado tooling gelcoat) implica que la superficie no soportará un número elevado de ciclos de inyección, además de que tienen menor resistencia química y térmica. Esto es coherente con el objetivo del molde prototipo en cuanto no se buscaba un molde para producción sino para verificación de las capacidades del proceso.

En cuanto a las condiciones ambientales, se logra controlar el efecto de los cambios de temperatura en el curado del gelcoat y de la resina de laminación modificando la cantidad de acelerador, aumentando el porcentaje cuando disminuye la temperatura.

La masilla resulta fácil de aplicar y cumple su objetivo dado que permite eliminar las aristas y en cambio generar cambios suaves de superficie facilitando la tarea de laminación. Las zonas en donde no se aplica suficiente masilla dificultan la laminación y fomentan la generación de burbujas grandes, ya que la resiliencia del refuerzo evita que se ajuste a aristas fuertes y hace que trate de recuperar la forma original.

El desmoldante utilizado, muestra un funcionamiento adecuado en tanto todas las piezas laminadas pudieron separarse con facilidad de su respectivo modelo. Las cuñas muestran su utilidad dado que permiten generar una fuerza uniforme en la dirección de apertura facilitando el desmoldeo.

La formulación de la resina de laminación resulta adecuada respecto al curado ya que se consigue el endurecimiento del material en un tiempo corto sin comprometer las propiedades del mismo (recordando que un curado con exotermia excesivamente alta puede generar grietas y dañar el material).

Por otro lado se encuentra que la viscosidad e índice de tixotropía de la resina, propiedades que no fueron controladas, son inadecuadas porque en las caras verticales se presenta escurrimiento de la resina hacia las partes bajas haciendo que se generen zonas con mayor espesor. La falta de control de esta propiedad también se manifiesta en la humectación de la fibra dado que, especialmente con el tejido tipo woven roving, esta resulta lenta y en algunos casos incompleta. La alta viscosidad de la resina de laminación sugiere un estado avanzado de

envejecimiento. La tixotropía deberá adecuarse mediante la adición de un agente tixotrópico como el Cabosil® (Sílice coloidal usada en el gelcoat).

También se encuentra que la formulación deberá incluir un agente que facilite la evacuación de burbujas (como el agente antiespumante BYKA555 usado en el gelcoat) pues las burbujas resultantes de la agitación no se evacuan. Otra razón para que las burbujas no se evacuen puede ser un tiempo de gel muy corto, pero este no es el caso dado que se formula un tiempo de gel largo (superior a 30min).

Algunas resinas comerciales incorporan estas características (tixotropía, viscosidad adecuadas para laminación manual) por lo que resultan más adecuadas. Se resalta que la resina XLC01 se utiliza para esta fase por ser una resina experimental suministrada como apoyo al proyecto y no por haber sido seleccionada como la más adecuada.

La construcción del área de empaques resulta ser el detalle más complejo en la laminación y conflictivo en la inyección. En el caso del molde de la puerta se utiliza solo resina para estos detalles, constituyendo bordes delgados sin refuerzo que son frágiles. por lo que se fracturan y desprenden fácilmente, dañando el molde.

Este defecto se corrige en el molde del gabinete incorporando refuerzo en forma de roving directo (hilo continuo de poliéster) alrededor del canal periférico de inyección, del apoyo rígido entre los moldes y en la cavidad para el empaque de hongo. En efecto durante el desmoldeo, al retirar el relleno del canal periférico se desprende una parte, cosa que no sucede con el molde del gabinete.

Se considera adecuado reducir el ancho de la cavidad del empaque de hongo en 2mm de forma que al instalarlo se de un mayor ajuste y sellado, al contrario aumentar el área plana para el empaque de ala y el radio de curvatura en los cambios de dirección de forma que el empaque asiente mejor. Debe considerarse ampliar la superficie del molde (pieza A) de forma que exceda las dimensiones de

la pieza B en al menos 2cm con lo que también se mejora el sellado. El radio del cambio de dirección del empaque de ala no debe ser inferior a 150mm. Los mismos cambios se requieren en el molde de la puerta.

La instalación de los manilares resulta adecuada en cuanto se logra una unión fuerte que permite manipular el molde con facilidad y sin comprometer la capa de desmoldante dado que esta no se manipula.

El procedimiento para instalar los conectores es apropiado, se da una buena adherencia y alineación de la pieza. Respecto al sellado se encuentra que es crítico realizar la instalación en varias fases, de forma que se aplica resina y refuerzo sobre una capa previa ya curada disminuyendo la posibilidad de movimiento de la parte y de fisuras que permiten fuga de resina o de aire, también resulta crítico mantener la alineación de la parte con un núcleo rígido como una varilla pasante. El uso de un material de relleno en medio de capas de PRFV permite sujetar el conector en menor tiempo dado que se reduce las capas de refuerzo.

Solo en uno de los conectores, por un descuido, la pieza se mueve y la resina cura con el conector desviado. Por ello el refuerzo no sella bien y genera una fuga mas adelante, lo que se corrige finalmente con masilla.

En cuanto al relleno de la cavidad se encuentra que debe utilizarse otra alternativa. El papel encerado que se utiliza sobre el relleno de cartón, aunque permite generar el espesor adecuado, por su consistencia suave, genera una superficie irregular en la pieza moldeada. De todas formas se consigue un espesor de la cavidad uniforme en toda la superficie. En algunas partes, y a pesar de las capas de cera desmoldante, se alcanza a humectar el relleno y se adhiere al molde. Por esto la superficie de la pieza B requiere un trabajo de acabado prolongado, consistiendo este en pulido, rellenado con masilla, pulido final, lijado y

brillado. Debe insistirse en utilizar mejor un material como la cera calibrada a pesar de su elevado costo u otro que mantenga su forma sin adherirse al poliéster. También resultaría adecuado incluir elementos para el apoyo del molde en la mesa de trabajo (base con cauchos) y así evitar que apoyarlo sobre la cavidad de inyección.

Dado que se decide no perforar la pieza A durante el desmoldeo, se hace necesario destruir el modelo para su extracción, durante esta operación se causan algunos daños al molde (Rayas). Es recomendable realizar mejor una perforación en el centro para que ingrese aire y que así la pieza salga fácilmente, perforación que puede ser sellada nuevamente al final sin problema dado que es un área no crítica para la pieza.

La instalación de los empaque es en sí sencilla, pero no debe descuidarse dado que su buena instalación es indispensable para una correcta operación del molde. Para corregir el espacio sobrante al insertar el empaque de hongo se utiliza una franja de caucho negro de 1mm de espesor insertada por el lado opuesto a la cavidad; de forma que se presiona al empaque contra la otra cara, mejorando el sello. Con ello se corrige el paso de aire entre la cavidad y el flanche encontrado inicialmente en ambos moldes. En el caso de la superficie para el molde de ala se hace necesario retirar el empaque para pulir la superficie, extenderla en las esquinas y pegarlo de nuevo.

El cloruro de metilén es adecuado para retirar poliéster curado de las herramientas metálicas.

Proceso de manufactura del gabinete. En cuanto a este proceso se encuentra que las actividades se desarrollan de acuerdo a la secuencia propuesta dando lugar al resultado esperado.

La preparación del molde se hace según lo planeado y demuestra un funcionamiento adecuado en cuanto el marco y la puerta se desprenden de sus respectivos moldes con facilidad.

Respecto a la preparación de la resina se encuentra que debe llevarse un control más estricto del estado de la resina en su envase así como asegurar que el recipiente permanece cerrado. La boca de la caneca donde se inserta el tubo de succión de la inyectora permanece abierto lo que facilita la evaporación del estireno modificando la reactividad de la resina.

Las presiones se verifican, se establece el % de adición de catalizador y se conecta el molde al equipo de acuerdo a la lista de chequeo y a las instrucciones del fabricante. El equipo se prepara sin problema para el proceso, se verifica el sellado del molde y la capacidad de mantener el vacío en el flanche con resultados satisfactorios; en cuanto el molde cierra hasta el tope y una vez estabilizado mantiene el cierre sin que se perciba flujo de aire. El punto de inyección permanece abierto a la atmósfera sin que haya entrada de aire a la cavidad, lo que sugiere un buen sello del empaque de hongo.

Es crítico realizar con frecuencia una verificación de la concordancia entre el porcentaje de catalizador seleccionado en la maquina y la correspondiente curva de curado. Se encuentra adecuado comparar la curva de curado de un volumen de resina expulsado por la máquina y otro al que se le agrega el mismo % de catalizador seleccionado pero manualmente.

Las preformas, cortadas según los planos, se instalan en el molde, presentando un ajuste correcto a la superficie, manteniéndose en su lugar. En el caso del gabinete se encuentra que los cortes en ángulo permiten darle la forma requerida a la preforma, la disposición de la preforma no presenta problemas. Es crítico

observar al momento de cerrar el molde que no se desplace la preforma dado que ello puede impedir el cierre adecuado del molde.

Los elementos para manipular el molde y para alinear las partes (en el caso del gabinete) funcionan adecuadamente y permiten mantener alineadas ambas partes del molde durante la inyección, de forma que no se modifica el espesor de la cavidad. Las guías facilitan la alineación y permiten asegurar que se cierra el molde sin arrugar ni dañar la preforma.

En el caso de la puerta se encuentra dificultad para alinear la preforma dado que no hay guías para la ubicación del molde en la mesa. Como no puede modificarse la mesa, se propone modificar el molde de la puerta de forma que externamente se disponga de guías alineadas con los bordes de la mesa.

Otro problema se encuentra en la disposición de la preforma, en cuanto no existe ninguna marca que indique donde debe ubicarse la preforma, lo que sumado a la dificultad para alinear el molde, genera inconvenientes al momento de cerrar el molde, dado que frecuentemente queda atrapada la preforma en el área de apoyo del molde y en los empaques cosa que no puede permitirse.

Durante la inyección del marco se observa el flujo tal como se esperaba. Del punto de inyección, a través del canal periférico se rodea la cavidad hasta que los 2 frentes de flujo se encuentran y empieza el flujo hacia la cavidad.

El color del molde, dado que ambas piezas son transparentes no genera contraste suficiente para observar claramente como es el flujo dentro de la cavidad, pero en algunos puntos se alcanza a visualizar un flujo uniforme hacia el punto de vacío. Por ello se propone, como es usual en los moldes para este proceso, utilizar gelcoat pigmentado en una de las partes del molde. Dado que no se observan zonas del refuerzo que restrinjan el paso de la resina o modifiquen la dirección del

flujo se confirma que no hay direcciones preferentes en la permeabilidad de la preforma.

Se suspende la inyección cuando aparece la resina en la vacuum pot por cuanto se considera que la cavidad se ha llenado. Se mantiene el vacío en el flanche para asegurar el cierre del molde hasta que la resina cure. No se observa que haya flujo de resina al exterior durante la inyección ni el curado.

Se espera a que la resina cure antes de abrir el molde. En el momento de abrir, se suspende el vacío en el flanche. Para facilitar la apertura se perfora el punto de inyección y se inyecta aire a presión. Esto ejerce presión desde el interior hasta que se logra separar las partes. Esta tarea, puede dañar el contramolde si no se hace con cuidado, por lo que se considera de cuidado.

La inclusión de perforaciones en las esquinas para insertar pines que ayuden a expulsar la pieza puede facilitar la tarea, pero será crítico sellar bien los puntos para evitar la fuga de resina en la inyección, o la entrada de aire.

Al abrir el molde se encuentran algunas diferencias respecto a lo observado durante la inyección, ya que se observa que se ha presentado flujo de resina al flanche de vacío. La resina que se encuentra en esta zona no ha curado. Se cree que esto se debe al nivel de vacío que hace evaporar el estireno de la resina evitando que cure. Dado que la resina llena completamente la cavidad de inyección se concluye que su viscosidad es adecuada.

La pieza inyectada no presenta burbujas, pero presenta zonas que parecen no haber sido humectadas. Se concluye que esto se debe a una extracción prematura de la pieza y no a problemas de flujo en la cavidad. Se considera que el marco prototipo se ha extraído en forma prematura dado que al momento de extraer la pieza no ha adquirido suficiente tenacidad y se fractura (ver Ilustración 88. Detalle del desprendimiento del material en la extracción. Por eso la pieza presenta



desprendimiento del material y no concuerda con las dimensiones especificadas (en altura). En la superficie del gabinete se observa marcación de la fibra debida al movimiento del refuerzo lo que sugiere que hay zonas donde el empaquetamiento del refuerzo es bajo (bajo contenido de fibra en relación con el espacio disponible antes de la inyección).

Ilustración 88. Detalle del desprendimiento del material en la extracción.



Se resalta que por el desconocimiento de las características de llenado del molde se define un nivel de adición de catalizador (1.5%) inferior al establecido en el procedimiento, buscando poder corregir cualquier problema en el curso del proceso, por ello se incrementa el tiempo esperado antes de la apertura del molde. Aun así, se encuentra que la pieza se encuentra en un estado intermedio entre el gel y la cura donde no tiene suficiente tenacidad para resistir el desmoldeo y se fractura. Esto ratifica la necesidad de verificar la curva de curado frecuentemente.

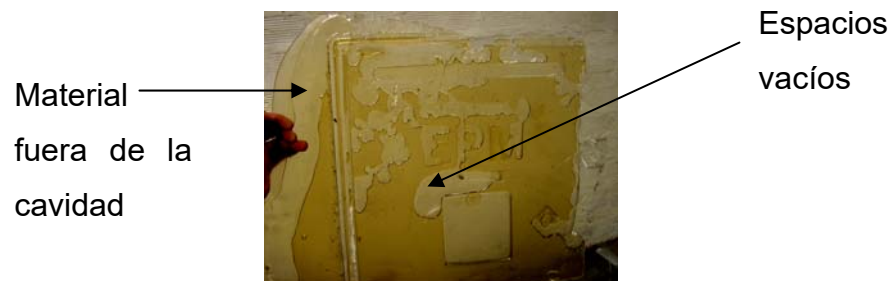
En cuanto a la forma se obtiene de acuerdo a las especificaciones, manteniendo las longitudes y ángulos

La inyección de la puerta se lleva a cabo en forma similar y con observaciones similares. Como el fondo es rojo (mesa de inyección) en este caso si se observa el flujo de la resina por la cavidad, desde el punto de inyección central hacia la periferia hasta que sale resina por la vacuum pot. En este caso se alcanza a observar el flujo de resina hacia el flanche. Aparentemente se ha llenado completamente la cavidad.

Pasado el tiempo de curado se abre el molde y se encuentra que la pieza presenta espacios vacíos aunque la resina ha alcanzado todos los puntos del molde. La totalidad del refuerzo se ha impregnado pero se ha desplazado de su posición.

Los espacios vacíos se dan debido a que, aunque hubo un llenado total de la cavidad, se produjo una fuga de resina hacia el flanche donde hay una presión sub atmosférica. Por otro lado se encuentra que la rigidez del molde no es suficiente para mantenerse ajustado a la mesa y por ello se deforma durante la inyección impidiendo el sellado del empaque y permitiendo el paso de resina al flanche. Los espacios generados se muestran en la Ilustración 89. Espacios vacíos en la cavidad.

Ilustración 89. Espacios vacíos en la cavidad.



El material de refuerzo desplazado se debe también a la deformación del molde, con lo que desaparecen las restricciones encargadas de sujetar el refuerzo y luego el mismo flujo de resina se encarga de llevar el refuerzo hacia el flanche. Se sabe que el refuerzo no se encontraba fuera de la posición y pisado por el empaque dado que al inicio de la inyección se da un sellado correcto del molde y se mantiene el vacío, no hay paso de aire de la cavidad con presión atmosférica al flanche sometido a vacío.

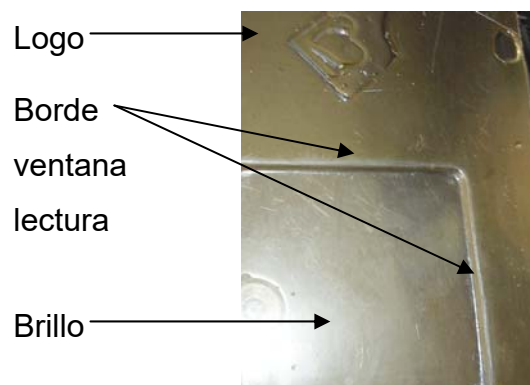
Este problema sugiere que es necesario reforzar ambos moldes para evitar su deformación excesiva, deben incluirse costillas que le den rigidez al molde especialmente en el de la puerta que por ser plano trata de inflarse como una

esfera con la presión. Esto puede hacerse incluyendo refuerzos metálicos sobre los cuales se lamina para unirlos a la pieza. Se puede también aumentar la rigidez del molde mediante la adición de carga a la resina durante su laminación, por ejemplo ceniza de hornos de fundición, dada su alta dureza.

Otra forma de reducir la deformación del molde y por tanto la posibilidad de paso de resina al flanche es reduciendo la presión de inyección, hasta un nivel que no afecte el llenado (dado que la preforma y el conducto desde el equipo hasta el molde generan una caída de presión. La presión de inyección no supera la fuerza de cierre puesto que las partes no se han separado generando pérdida de vacío en el flanche, pero se han deformado lo suficiente para que la resina pase al flanche.

Es importante resaltar que se consigue generar los detalles deseados de la señal informativa y el logo de la empresa. También se encuentra un buen acabado de la superficie por ambas caras en las zonas donde se mantiene llena la cavidad. Estos detalles se muestran en la siguiente ilustración.

Ilustración 90. Detalles acabado, logo y ventana conseguidos en la pieza.



El principal problema encontrado es entonces el paso de la resina a la cavidad de vacío en ambos moldes. Partiendo de las observaciones anteriores se encuentra que el diseño del molde es adecuado sujeto a las mejoras antes expuestas. Se

obtienen piezas que aunque no son aptas para su comercialización, constituyen prototipos representativos en cuanto permiten generar una gran cantidad de observaciones para su mejoramiento lo que concuerda con el alcance establecido al principio.

Analizando la apertura del molde según el tiempo desde el inicio de la inyección, se encuentra una contradicción en cuanto se requiere elevar el tiempo para asegurar que la pieza se extraiga con un nivel de cura suficiente que no comprometa la integridad de la pieza, pero también se requiere reducirlo para minimizar el ciclo de producción. Se considera que una solución a esta contradicción es tener un conocimiento preciso de las condiciones de curado de la resina mediante su verificación continua.

No se encuentran factores que impidan la instalación de las placas posteriores para fijar los gabinetes a la pared ni fijar la puerta por medio de tornillos perforando el marco según los planos.

Finalizada la manufactura de los prototipos descritos se encuentra que no es conveniente realizar mas inyecciones hasta tanto se hagan los cambios que resultaron del análisis de los resultados. La ejecución de estas actividades se sale del horizonte de tiempo establecido y por lo tanto no se hace como parte de este proyecto. Esto no afecta el cumplimiento de los objetivos del proyecto dado que se ha conseguido un prototipo funcional de los moldes, se ha verificado la aplicabilidad del proceso mediante el procedimiento establecido y se ha elaborado un producto del cual se obtiene el análisis detallado antes expuesto. Por otro lado el peligro de que la resina que pasa al flanche, llegue al equipo de vacío, debe ser evitado y es un factor adicional para no realizar más inyecciones.

El color claro y brillante se ha conseguido.

Respecto a la evaluación del producto según la aplicación se encuentra que el producto no posee aristas peligrosas, tiene una puerta removible, puede instalarse en la pared y con un medidor adentro, las tolerancias dimensionales respecto a las dimensiones del molde son inferiores al 2%, posee ventilación y ventana para lectura y su costo, precio y peso es inferior al requerido. El requerimiento del sello se ha dejado propuesto y aun no se verifica, lo mismo que el requerimiento de apilamiento para el transporte y la llave especial para cerrar la puerta (tornillo de cabeza especial). Las aperturas para los tubos se hacen al momento de la instalación y dada su variabilidad no se considera predefinir puntos en la pieza.

Se encuentra que por la forma de pirámide del gabinete es posible que si ingresa agua al gabinete, esta permanezca en el fondo y no se evacue, para ello debe replantearse la ubicación del agujero de drenaje al punto mas bajo. Otra opción es incluir un corta goteras en el diseño que impida la entrada de agua por el marco.

Finalmente se encuentra que los procedimientos y formatos de registro para la evaluación permiten estudiar en forma sencilla, pero detallada los productos y caracterizarlos respecto a los requerimientos.

Cambio de resina de inyección. Un cambio importante entre lo establecido en el diseño y lo realmente ejecutado es la modificación de la resina. Se plantea usar resina COP4 en el diseño, pero debido a la disponibilidad al momento de inyectar se utiliza resina Palatal P98-T. Habiendo adecuado la COP4 para este proceso, se encuentra similar la viscosidad de ambas, por lo que en general las propiedades de flujo son similares. Esto lleva a concluir que el llenado de la cavidad no presenta cambios.

Las diferencias se presentan principalmente en el costo y en las propiedades mecánicas, ópticas y químicas que son superiores para la P98T, esta última también posee mejor comportamiento respecto a la humectación según el

fabricante y un rápido desmolde. Pero considerando que su mayor costo se justifica cuando se van a aprovechar las mejores propiedades mecánicas y químicas y, que ese no es el caso de los gabinetes, no resulta adecuada esta resina para el producto final. Con base en la viscosidad que finalmente es similar, se encuentra que los resultados de la inyección de ambas resinas son comparables respecto al llenado de la cavidad.

Se encuentran otras resinas que pueden ser adecuadas para el proceso, dada su resistencia a la intemperie mejorada como la Palatal P4L, o la 5346B que permite una rápida humectación de la fibra y es preacelerada. De ambas resinas se desconoce si pueden adecuarse al proceso de inyección.

A continuación se presentan los detalles de algunos de los aspectos evaluados, como muestra de la ejecución de la evaluación respectiva.

El prototipo en términos generales cumple los requisitos, los aspectos no implementados, que se dejan propuestos se consideran factibles con base en lo observado y en los comentarios recibidos.

Evaluación del molde.

Ilustración 91. Verificación del ángulo recto entre las caras verticales de molde y contra molde.



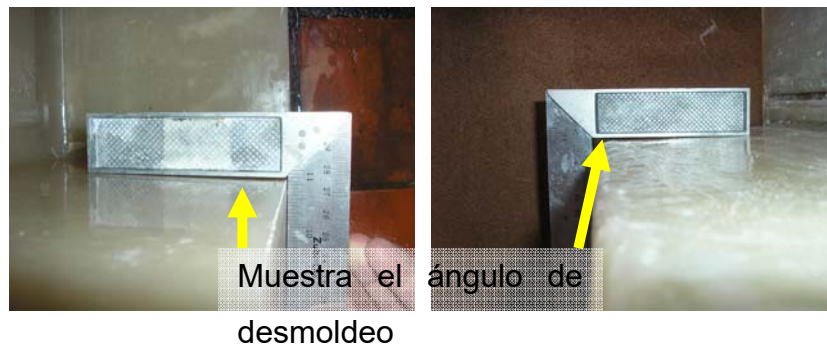
Ilustración 92. Verificación del ángulo recto entre los lados de la puerta.



Ilustración 93. Verificación del brillo y la uniformidad de la superficie del molde.



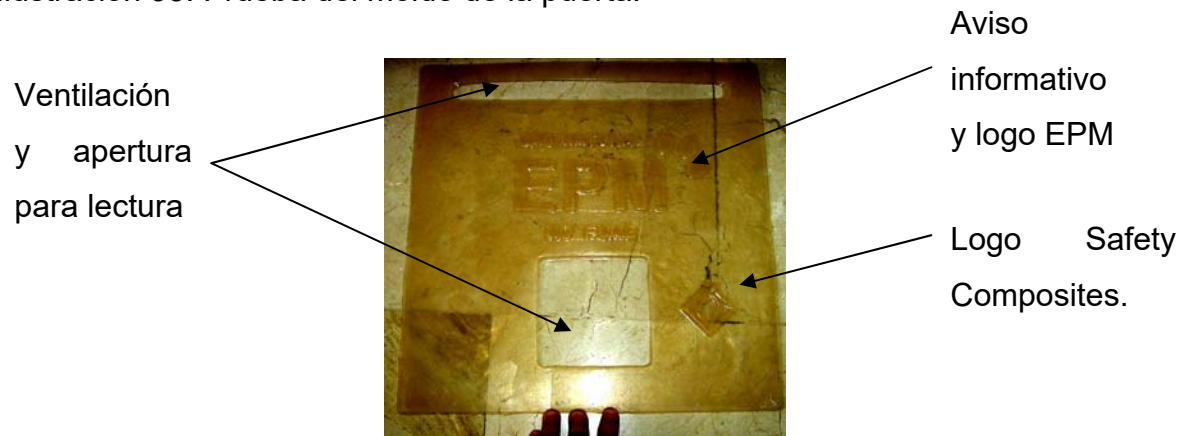
Ilustración 94. Verificación del ángulo de salida del molde y del contra molde.



Se hace una prueba de laminación manual del molde de la puerta obteniendo el resultado que se muestra en la siguiente ilustración, mostrando que la cavidad del molde es adecuada para producir la forma requerida y que esto solo ha sido impedido por el problema con la deformación del molde que imposibilita un sello

adecuado del empaque de hongo. Obsérvese el acabado, la definición de los bordes y los detalles mostrados.

Ilustración 95. Prueba del molde de la puerta.



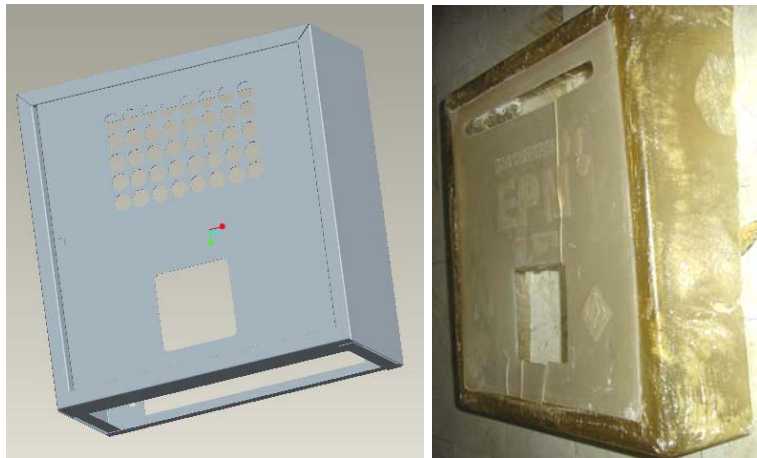
La siguiente ilustración presenta un ensamble del gabinete con la puerta como resultado final de la construcción.



La Ilustración 96. Gabinete en lámina metálica de IMET y gabinete en PRFV. Muestra un paralelo entre la solución disponible antes de esta investigación y el resultado de esta.

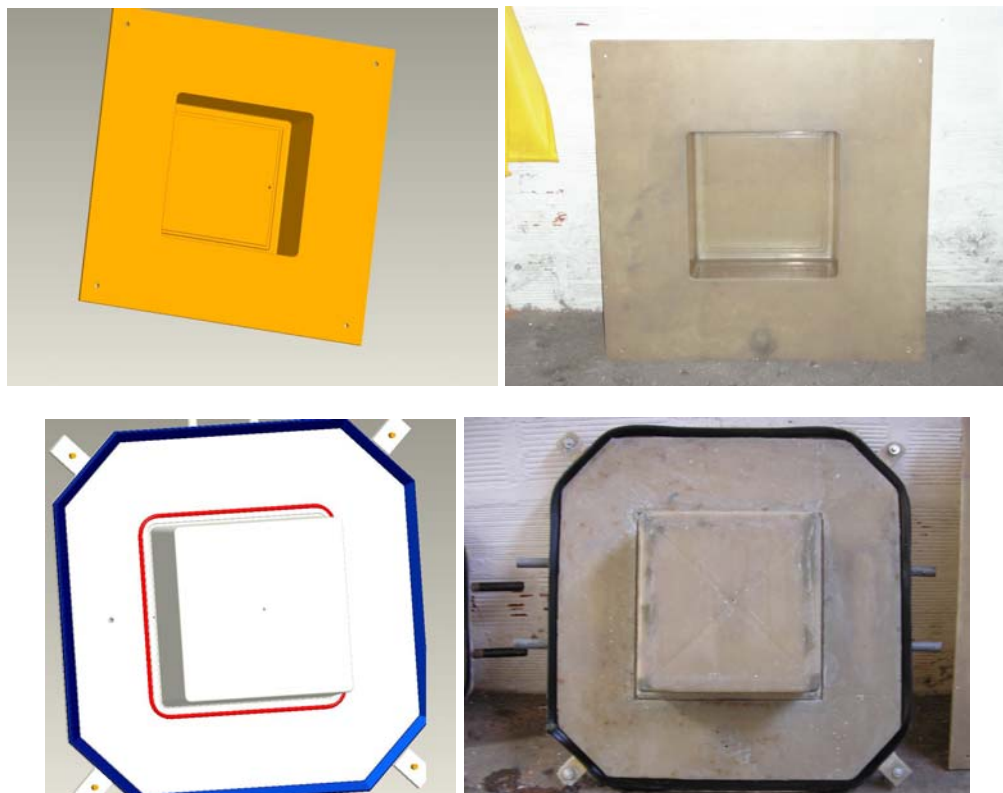


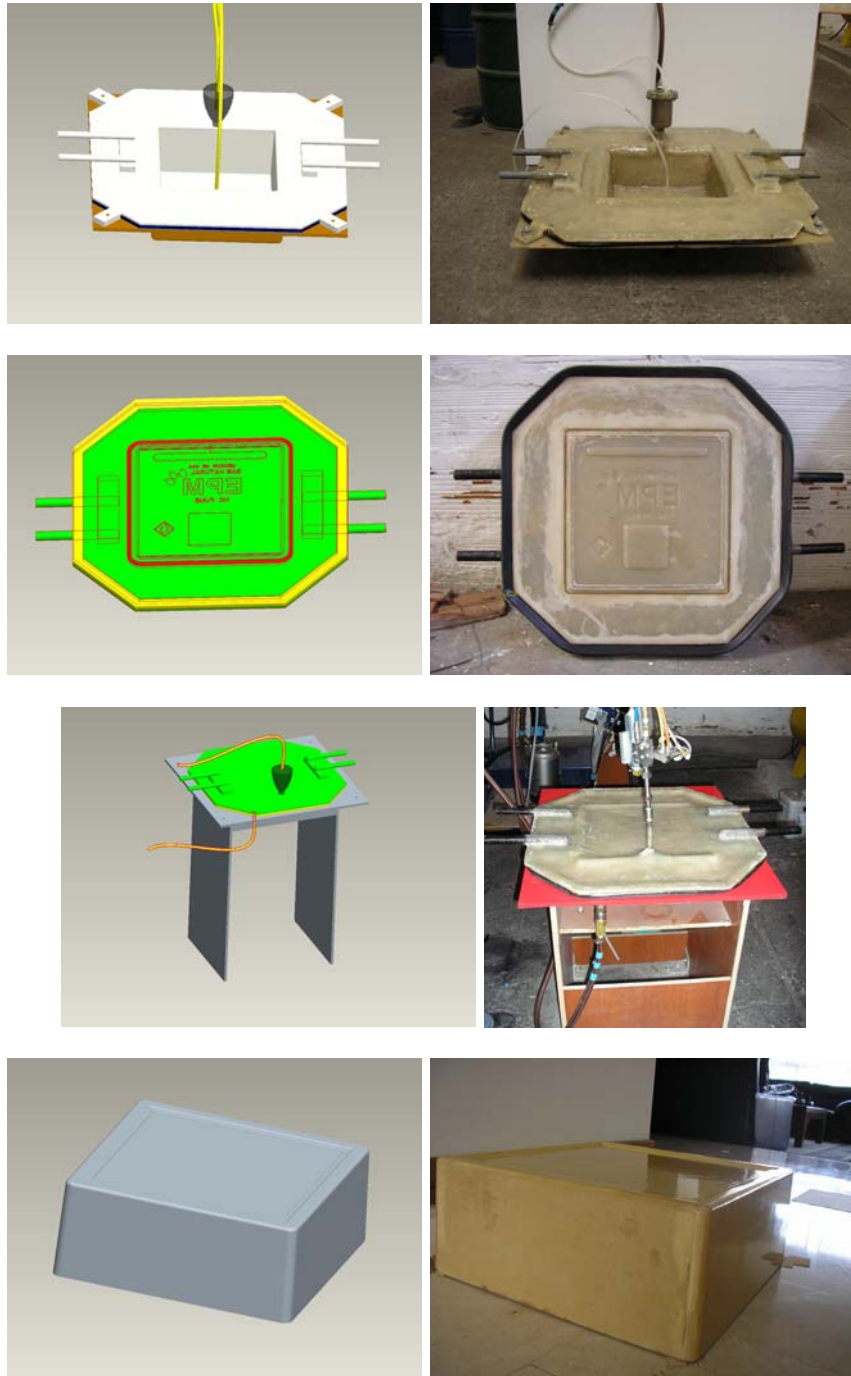
Ilustración 96. Gabinete en lámina metálica de IMET y gabinete en PRFV.



La Ilustración 97. Paralelo entre representación CAD y producto real. Muestra un paralelo entre la representación CAD y el producto material respectivo.

Ilustración 97. Paralelo entre representación CAD y producto real.





Evaluación de aptitud para instalar un medidor en su interior. Al consultar con un trabajador de la construcción sobre si considera que se puede instalar un medidor de gas dentro del prototipo que se le presenta este responde:

- Por la forma y el tamaño sí se puede.

También hace las siguientes preguntas:

- Como se hacen las perforaciones para meter los tubos?
- Como se cierra?
- En que sentido va?
- Como se fija?
- Eso no se derrite con el sol?
- Eso no se daña muy fácil o se raja con el tiempo.

Evaluación de aptitud para instalar el gabinete sobrepuesto o embebido en una pared. Respecto a esta pregunta el trabajador responde:

- Si le ponen las platinas en la parte de atrás con perforaciones, pues eso se fija fácil a una pared. Para ponerlo dentro de la pared de pronto es más difícil que los otros por esa forma que tiene, no se que tan difícil sea pero se puede.

Luego hace las siguientes preguntas:

Eso no se daña con el cemento, de pronto toca ponerle algo flexible alrededor para acomodar esa forma dentro de la pared.

Por error no se registra el nombre de la persona consultada. Las respuestas han sido editadas y surgen durante una conversación en la que se le comenta sobre el producto, no son respuestas espontáneas a la presentación del producto junto con la pregunta inicial.

Prueba de comportamiento a la llama. El informe donde se presenta la forma en que se ejecuta esta prueba junto con los resultados obtenidos se encuentra detallado en el Anexo I.

A partir de los resultados de esta prueba se concluye lo siguiente:

- Se ejecuta una prueba para diferenciar el comportamiento ante la llama de probetas que contienen pasta retardante y de las que no en diferentes situaciones.
- Se observa que la pasta retardante en consecuencia logra disminuir el efecto de la llama haciendo que la intensidad de la llama sea menor, que después de retirada la llama inductora se detenga la combustión, que el daño ocasionado sea mínimo y que se retarde el avance de la llama.
- Se consigue también que la densidad de humo generado sea considerablemente menor y que este no presente olores fuertes ni irritantes.
- Aparte del cambio de color, la probeta con pasta conserva sus demás propiedades casi intactas a la vista y al tacto.
- Se encuentra que incluso en ausencia de la pasta, el material de refuerzo constituye una barrera dado que en la prueba de la placa no se produjo perforación de la probeta debido al fuego, aunque la pieza perdió su rigidez.
- En resumen la adición de pasta en porcentaje del 20% respecto a la resina utilizada hace que el efecto de la llama sobre el material sea menor y que los gases generados tengan un menor impacto que en ausencia del aditivo.

Las siguientes ilustraciones presentan detalles sobre la prueba de comportamiento ante la llama.

Ilustración 98. Montaje para la prueba.



Ilustración 99. Probetas para las pruebas.



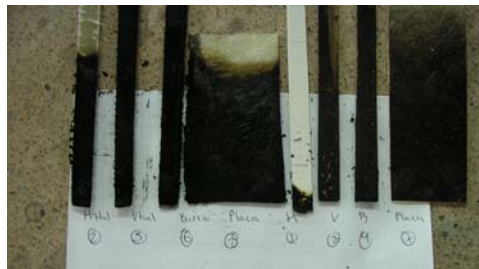
Ilustración 100. Prueba horizontal en probeta con pasta retardante.



Ilustración 101. Prueba de una placa.



Ilustración 102. Estado final de las probetas.



Comparación entre moldeo abierto y cerrado. En términos ambientales basta solo con aproximarse a la zona de trabajo de una laminación en molde abierto para percibir el olor a estireno. En cambio, el molde cerrado no presenta tal olor por lo que se entiende que se han reducido las emisiones de estireno al ambiente. Por otro lado, el hecho de que se abra el molde cuando la resina esta cerca al pico exotérmico de acuerdo a su curva de curado, implica que a partir de ese momento se generan emisiones tal como en el moldeo abierto,. Es importante asegurar, en el área de trabajo, que los recipientes con resina se mantienen sellados al aire incluso cuando se conectan al equipo de inyección para impedir que el estireno se evapore y se pierda generando cambios en la reactividad de la resina y emisiones de un compuesto orgánico volátil (COV) al ambiente, que es un impacto ambiental negativo.

La situación es tan simple como que si el molde se abre ya no es un molde cerrado y el estireno que aun se encuentra libre se volatiliza. El caso con los recipientes de resina es de estricto cuidado en su manejo, ya que el problema no es solo con el efecto ambiental sino con la reactividad de la resina que tiene efectos perjudiciales en el proceso y en los productos.

#### 4.3 EVALUACIÓN RESPECTO A LOS OBJETIVOS

Se pretende mostrar al final de cada capítulo como se ha cumplido lo propuesto para el mismo, hecho esto se considera que se ha dado un cumplimiento adecuado a los objetivos de este proyecto de investigación.

Se va más allá de lo propuesto al complementar el desarrollo tecnológico presentado con los aspectos administrativos necesarios para entrar a la etapa de ejecución a nivel industrial. Esto se muestra en el siguiente capítulo cuando se sale del enfoque de solución técnica a considerar el problema como un proyecto industrial cuya viabilidad debe ser evaluada.

En este punto se han presentado cada uno de los productos que aparecen como indicador de cumplimiento de los objetivos en la propuesta del proyecto por lo que se considera se han alcanzado los objetivos establecidos. La evaluación en términos financieros, administrativos, ambientales y de mercado se hace en el siguiente capítulo.

La ejecución del proyecto se hace de acuerdo al cronograma siendo este modificado solo en la fase final debido al retraso en la consecución de algunos materiales y por las limitaciones para acceder al equipo de inyección. El informe excede la extensión proyectada pero se justifica esto dado el nivel de detalle conseguido en el análisis del problema, al nivel de artefacto técnico como al nivel de proyecto industrial como se expone mas adelante.

Comparando la fase de diseño con la de construcción y evaluación se considera que se ha ejecutado el diseño de acuerdo a lo especificado con base en los procedimientos y listas de chequeo presentados.

La siguiente tabla presenta cada uno de los productos presentados y el capítulo en que se presenta.

Tabla 11. Indicadores del logro de los objetivos.

Objetivo específico	Indicador de logro	Capítulo
1. Marco teórico	Caracterización del desempeño y de los problemas de los gabinetes actuales.	1
	Definición de los requerimientos de desempeño de la aplicación.	1 y 2
	Modelo de variables del proceso de RTM.	1
2. Diseño	Planos, especificaciones técnicas y memorias del diseño del gabinete.	2
	Procedimiento de manufactura de las piezas.	2
	Planos, especificaciones técnicas y memorias del diseño del molde.	2
	Listado de partes para compra.	2
3. Corporificación	Molde real para inyección.	3
	Modelo del gabinete.	3
	Prototipos para pruebas.	3
4. Prueba	Protocolo de pruebas	4
	Memoria de ejecución de las pruebas.	4
	Documento de resultados de las pruebas.	Anexos
	Documento de comparación de resultados con lo esperado.	4
5. Conclusión	Conclusiones, recomendaciones, propuestas de proyectos futuros y mejoras a este, presentación y evaluación.	6
	Evaluación del proceso: planeación vs. Ejecución.	4
	Propuesta de mejoras.	3,4,6,7
	Recomendación de aplicaciones y otras	7
	Ideas de proyectos futuros.	7
Objetivo general	Prototipo del gabinete y analisis de los resultados de las pruebas llevadas a cabo.	Documento y productos materiales



#### 4.4 CONCLUSIÓN

Se presenta una evaluación desde un punto de vista técnico de los productos desarrollados como parte del proyecto a partir de los cuales se puede concluir cuales son los logros alcanzados durante la investigación, hecho con base en un protocolo desarrollado de acuerdo a las necesidades particulares del proyecto. Los resultados han sido registrados en formatos diseñados especialmente para tal fin de forma que pueda hacerse un seguimiento al proceso. Se hace además una comparación entre los resultados obtenidos y los esperados - propuestos como una evaluación global del proyecto.

## 5 ESTUDIO DE VIABILIDAD INDUSTRIAL

Hasta este punto se ha presentado un desarrollo detallado del gabinete para medidor de gas, desde el punto de vista técnico. Corresponde ahora complementar el estudio anterior preparando el documento con el cual se compila la información que permite a la empresa decidir, desde una óptica administrativa, sobre la viabilidad del proyecto.

Esta preparación se hace utilizando la metodología de la ONUDI<sup>3</sup>, con el objetivo de tomar el objeto de estudio del nivel de artefacto técnico al de proyecto industrial cuya viabilidad debe ser evaluada con base en criterios técnicos, financieros, de mercado, legales, financieros y administrativos, como aquí se presenta. Este objetivo es adicional y por lo tanto no aparece en la propuesta inicial del proyecto.

Dado que en los capítulos anteriores ya se hizo un análisis detallado del problema no se profundiza en este aspecto como según la metodología debe hacerse en las diferentes fases de estudio de un proyecto.

---

<sup>3</sup> ONUDI es la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial. Esta publicó en 1992 el manual para la preparación de proyectos de viabilidad industrial, cuya finalidad “era la de proporcionar un instrumento para mejorar la calidad de los proyectos de inversión y contribuir a la normalización de los estudios de viabilidad industrial que a menudo resultaban incompletos y mal preparados” (ONUDI, 1992).

Debe mantenerse una clara diferencia entre el proyecto de investigación del cual se presenta el informe final en este documento y el proyecto industrial del cual el proyecto de investigación constituye en esencia su estudio de factibilidad.

## 5.1 ESQUEMA GENERAL

El esquema general se compone de las siguientes partes:

- Conceptualización: Antecedentes, historial, objetivos y horizonte.
- Análisis sectorial y de mercados.
- Análisis técnico y ambiental.
- Análisis administrativo y organizacional.
- Análisis Legal.
- Análisis financiero.

Dado el tamaño del proyecto y la finalidad privada del mismo se excluyen los estudios económico y social.

## 5.2 CONCEPTUALIZACIÓN

Antecedentes del proyecto. El crecimiento de la red de gas natural, cuyos nuevos suscriptores requieren la instalación de un medidor de volumen dentro de un nicho o gabinete, genera una demanda para el suministro de gabinetes. , que se provee por medio de un proceso avanzado para la manufactura de materiales compuestos.

A partir de la observación de un problema en la solución para el alojamiento de los medidores de gas, se emprende la investigación detallada del problema que, junto

con la disponibilidad de una tecnología avanzada, aplicable al problema, presentan una oportunidad para la definición de un proyecto industrial cuya viabilidad se analiza en este estudio.

Historial. A partir de la propuesta de proyecto (Anteproyecto) entregada se concluye que existen las condiciones necesarias para la preparación de un estudio de viabilidad industrial relativo a la manufactura de gabinetes para medidores de gas en PRFV.

La conceptualización del proyecto se encuentra detallada en el marco teórico y en el análisis del problema hecho en el capítulo de diseño.

Objetivos. El objetivo básico, como proyecto industrial,<sup>4</sup> es proveer una alternativa para la satisfacción de la demanda de gabinetes para medidores de gas de la cual los clientes perciban un mayor valor en cuanto a durabilidad y seguridad. Esto constituye la visión del proyecto.

- Proveer una alternativa de calidad que sea competitiva en términos de precio y valor.
- Penetrar en el mercado nacional las plazas de mayor potencial con una combinación de estrategias de diferenciación a precio similar al actual.
- Satisfacer el crecimiento potencial de la demanda.
- Utilizar el espacio, equipo y otros recursos disponibles en la ubicación actual.
- Definir la capacidad de producción a partir de la demanda y la capacidad

---

<sup>4</sup> Comprende objetivos cuyo alcance se establece para la fase de ejecución en caso de que se lleve a cabo el proyecto y que no hacen parte de los objetivos de este proyecto de investigación.

instalada.

- Segmentar el mercado de acuerdo al ámbito geográfico.
- Comercializar el producto de forma que este disponible para la venta en las plazas propuestas al precio planeado otorgando beneficios a los intermediarios participantes.
- Llevar a cabo un proceso productivo sostenible en términos técnicos y financieros.
- Generar beneficios económicos para la empresa constituyendo una unidad productiva que utiliza recursos compartidos con otras unidades.
- Obtener la financiación necesaria para satisfacer las necesidades de inversión.

Los parámetros orientadores son:

- La necesidad de dar uso a la tecnología con la cual se recibe apoyo.
- La disponibilidad de determinada materia prima, equipo, ubicación geográfica e información técnica.
- Un equipo administrativo preexistente.

Alcance. Con el proyecto se pretende a corto plazo definir su viabilidad. Luego, partiendo de un resultado positivo en la fase de factibilidad proceder a hacer las inversiones y el montaje de la unidad. A mediano plazo se quiere que la unidad tenga un buen desempeño con un crecimiento en la participación del mercado.

Horizonte del proyecto. Desde la gestión de proyectos bajo la metodología presentada se establecen 3 fases básicas de un proyecto industrial: Preinversión, inversión y operación.

Preinversión. Es la fase que se desarrolla parcialmente en este estudio. Posteriormente deben hacerse algunos estudios y pruebas adicionales antes de iniciar la inversión definitiva e iniciar la operación. El tiempo para esta fase es de 12 meses que inician en mayo de 2006.

Inversión. Fase donde se ejecutan los desembolsos requeridos para el establecimiento del proyecto y se generan las condiciones requeridas para la producción. El tiempo para esta fase es de 4 meses.

Operación. Fase productiva donde generan los beneficios económicos. Desde la perspectiva de administración por proyectos se debe establecer un final, donde financieramente se retorna la inversión y se entregan los beneficios, lo que no implica que las actividades se deban suspender; implica que se tenga un horizonte de planeación definido al final del cual se establece un balance (en términos financieros). Se establece una fase de operación de 4 años definida a partir de la vida útil del equipo y de la información de mercado que se presenta mas adelante. Lo anterior se resume en el siguiente gráfico:

Ilustración 103. Diagrama de fases del proyecto.

Fase	Preinversión	Inversión	Ejecución	Terminación
Tiempo	6 meses	4 meses	4 años	

Análisis DOFA. Fortalezas. Se dispone de información especializada, equipos y tecnología para proveer una alternativa al producto que se ha identificado como satisfactor de la demanda.

- Se propone un producto de características mejoradas pero que no modifica la instalación ni incrementa los costos para el cliente, la mejora se refleja a nivel de seguridad y durabilidad.

- El personal a nivel operativo no requiere conocimientos especializados.
- La tecnología es de fácil aplicación.
- La inversión requerida no es elevada.
- Dada la baja inversión requerida el riesgo no es elevado.
- Las materias primas e insumos están disponibles a nivel local.
- Se dispone del equipo productivo, del espacio y de las instalaciones para llevar a cabo la producción.
- Se presenta un diseño con posibilidad de extenderse hacia aplicaciones similares donde se visualicen oportunidades de mercado.

Oportunidades. Se ha identificado un mercado con un crecimiento sostenido en términos históricos e igualmente proyectado a mediano plazo como se muestra mas adelante.

- Existen aplicaciones con necesidades similares que deben ser identificadas y cuantificadas, por ejemplo gabinetes para equipo sensible, para medidores eléctricos, para medidores de agua, botiquines, entre otros.

Debilidades. No hay disponibilidad de capital para inversiones grandes.

- Se ofrece un producto nuevo cuyas características son desconocidas por el mercado.
- La seguridad y durabilidad no son factores decisivos para los clientes de este producto.
- No se ha validado el comportamiento del producto desarrollado a largo plazo.

Amenazas. La competencia comprende empresas con amplia trayectoria, posicionadas, que conocen el mercado y ofrecen productos conocidos como satisfactores adecuados de la demanda.

- El producto no es identificado como de valor por los clientes. Generalmente pasa desapercibido mientras se comporte como se espera.
- El precio de las materias primas esta asociado al dólar que puede variar en gran medida afectando la rentabilidad. El precio de las resinas está asociado al precio del petróleo que es muy variable y ha tenido fuertes alzas en los periodos anteriores.

### 5.3 ANÁLISIS SECTORIAL

5.3.1 Macro entrono. Se analizan las fuerzas que potencialmente afectan el proyecto.

Dimensión Tecnológica. Se esta aprovechando una tecnología nueva en el país. Los posibles desarrollos en este aspecto se enfocan al área de las materias primas y el equipo dado que estas mantienen una constante evolución.

Dimensión económica. Las tasas de interés se mantienen estables y se proyecta que se mantengan en el corto plazo solo con una leve tendencia al alza.

Se proyecta una inflación con tendencia a la baja en el corto plazo estabilizándose cerca al 4%, lo que permite mantener unos precios con poca variación.

El tipo de cambio, dado que las materias primas son importadas es crítico, se proyecta con una tendencia a la revaluación del peso, lo que favorece al proyecto dado que se reduce el costo de las materias primas. Sobre la proyección del precio de las materias primas en moneda extranjera no se tiene información, excepto que las resinas han aumentado de precio recientemente debido al precio



del petróleo. Favorece que el precio del acero, utilizado en el producto sustituto también venga en aumento.

El auge de la actividad constructora representa un ambiente favorable para el consumo de productos relacionados o complementarios, dado que aumenta su mercado potencial.

Dimensión política y legal. No se identifican beneficios tributarios potenciales por las características del producto (exenciones o exclusiones, reducciones de impuesto renta ni devoluciones de IVA). Tampoco se identifican subsidios económicos a nivel del producto. Dado el carácter tecnológico del proyecto existen posibilidades de acceder a créditos y subsidios para la investigación.

Dimensión social. El producto se observa en todos los estratos. La demanda se ve afectada principalmente por la inversión en infraestructura que hagan las empresas proveedoras del servicio de gas dado que es su crecimiento el que hace posible la conexión de nuevos suscriptores. Los centros de consumo están concentrados geográficamente.

Dimensión cultural. El principal factor en este aspecto es la influencia del desconocimiento del producto nuevo por parte de los usuarios y/o clientes lo que puede afectar la decisión de compra.

Dimensión ambiental. No se encuentra efecto directo del producto en el ambiente natural mientras los parámetros de producción se mantengan bajo control. Debe mantenerse cuidado especial con el manejo de las materias primas dadas sus propiedades peligrosas. Se han identificado posibilidades de reciclaje al final de la vida útil del producto que deberán ser estudiadas más a fondo.

Sector industrial al que pertenece el proyecto. El proyecto es de tipo industrial, enmarcado dentro de la industria manufacturera. Según la clasificación industrial

uniforme (CIUU revisión 3) (BANREP, 2006), pertenece a la industria manufacturera, división de fabricación de productos de caucho y de plástico, clasificado como fabricación de formas básicas de plástico (2521).

El principal factor clave de éxito es mantener la calidad del producto de forma que se perciban ventajas por parte del cliente que toma la decisión. Adicionalmente es crítico mantener la eficiencia del proceso de forma que se genere un nivel adecuado de beneficios para la empresa.

### 5.3.2 Microentorno.

Mercado proveedor. No se encuentran limitantes en cuanto a las materias primas dado que existen múltiples proveedores con capacidad de suministrar cantidades elevadas.

La atracción del mercado es que posee una demanda elevada por un producto de baja complejidad. Para ser competitivo en este mercado se requiere suministrar un producto que no altere las condiciones del entorno donde opera (dado que es un producto cuya funcionalidad es principalmente pasiva) al nivel de precios establecido, pero ofreciendo características adicionales que permitan diferenciar el producto de los sustitutos.

Las fuerzas que mueven la competencia son:

- Proveedores que encuentren usos de mayor valor para las materias primas y se nieguen a proveerlo a este proyecto al costo requerido, lo que es actualmente improbable dada la oferta disponible.
- Sustitutos que logren un mejor acceso al mercado por su posición geográfica especialmente o por su conocimiento del mercado.
- Compradores que no estén dispuestos a pagar el precio adecuado para las

debidas finanzas del proyecto.

- En cuanto a la competencia existe la amenaza de ingreso de nuevos competidores, ya que las barreras de entrada no son elevadas.

El producto principal, dentro de la clasificación central de productos (CPC Central products classification) Versión 1.0 adaptada para Colombia por el DANE, como bien transportable, pertenece a: SECCIÓN 3 OTROS BIENES TRANSPORTABLES; DIVISIÓN 36 PRODUCTOS DE CAUCHO Y PRODUCTOS PLÁSTICOS; Producto 369 Otros productos plásticos.

Estructura económica del mercado. La estructura económica del mercado del proyecto puede ser considerada como de competencia perfecta. Esto se debe a que es un producto que se comercializa por una alta cantidad de proveedores y es adquirido por un número elevado de clientes a niveles de precio relativamente uniformes.

#### 5.4 ESTUDIO DE MERCADO

El objeto de estudio son los gabinetes para medidores en la red de gas natural. Las especificaciones técnicas para el sistema de gas por red exigen que cada usuario disponga de un medidor de volumen instalado para medir su consumo, de forma que cada nuevo usuario que se quiera conectar al sistema requiere instalar un medidor. La totalidad de los suscriptores estudiados (ver capítulo 1, sección gabinetes en servicio) utiliza un gabinete metálico para alojar el medidor de gas. El alcance del proyecto se limita a los suscriptores residenciales con instalación individual.

Se concluye con esto que hay una relación directa entre el número de usuarios del servicio y el número de medidores instalados, de los cuales una parte son instalaciones individuales y otra parte instalaciones colectivas, la relación entre

estos se desconoce. Dado que se ha sintetizado una alternativa para los gabinetes metálicos, se estudia en esta sección la forma en que el producto estudiado, como sustituto del producto de acero, será demandado por el mercado.

Para obtener la proyección de la demanda futura se parte de la información disponible sobre el crecimiento del número de usuarios año por año. Se dispone de información desde 1997 en cuanto al número de usuarios conectados al final de enero de cada año como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 12. Datos históricos de usuarios conectados a la red de gas natural en Colombia desde 1997.

Estadísticas de suscriptores del servicio de gas natural de tipo residencial y total de 1997 a 2006										
Datos históricos										
Año	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Usuarios										
Residenciales	6.578	1.436.536	1.721.975	1.975.474	2.261.069	2.437.726	2.747.038	3.006.709	3.270.000	3.746.615
Total usuarios	6.599	1.450.619	1.738.930	1.996.560	2.286.958	2.466.408	2.782.332	3.056.483	3.112.367	3.805.621

CREG, 2006, modificada para el presente estudio.

Esta información se analiza por medio de una línea de tendencia lineal, lo que indica, a través de la correlación superior al 95.5%, que existe una razón de crecimiento descrita con buena precisión por una línea recta, cuya pendiente indica el número de usuarios nuevos que se suscriben cada año, ver Tabla 13. Análisis de tendencia lineal de los datos históricos. Donde  $m$  es la pendiente y  $b$  el intercepto. El intercepto de la ecuación no tiene significado especial y es solo relativo al punto de referencia del calendario. Comparando la proporción entre usuarios residenciales y el total de usuarios se observa que la tendencia de crecimiento esta dominada por el crecimiento de los usuarios residenciales por lo que los datos para los demás tipos de usuarios se omiten (son inferiores al 2%).

Tabla 13. Análisis de tendencia lineal de los datos históricos.

Proyección			
Año	m (al 60%)	b	correlac
Residenciales	169.806	-3,E+08	99,61%
Proyecc. Total	166.941	-3,E+08	99,63%

Dado el crecimiento sostenido de la red de gas natural se deduce que no se esta alcanzando aun la saturación del mercado. Pero considerando que los datos históricos corresponden a los años del lanzamiento del sistema, para hacer la proyección se ha desacelerado el crecimiento a un 60%.

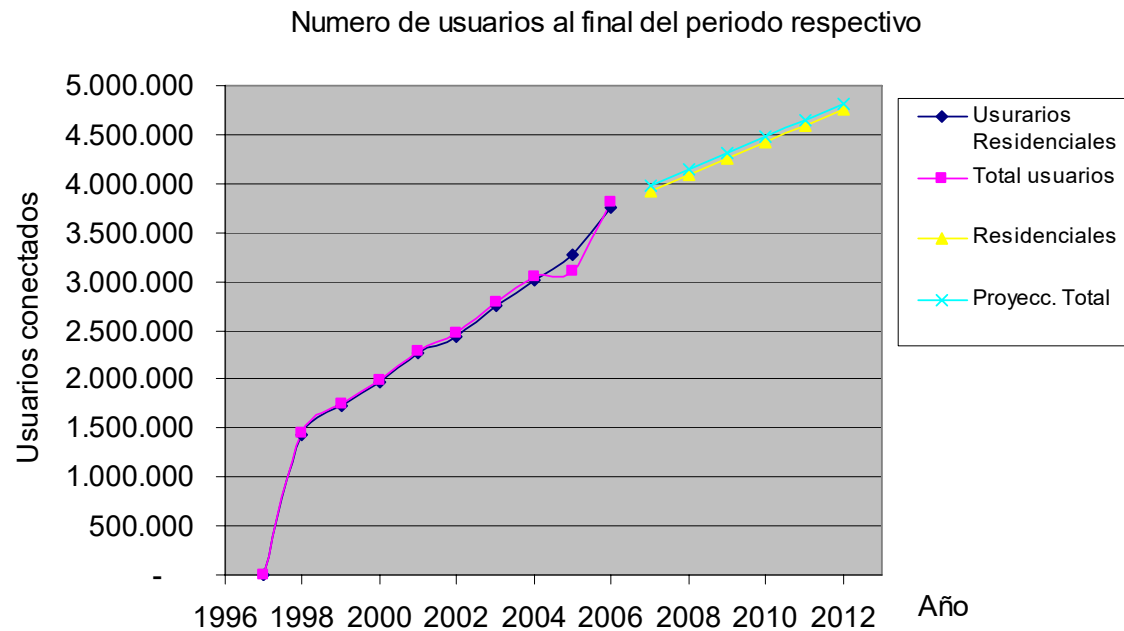
Adicionalmente se tienen las proyecciones del gobierno nacional (Presidencia, 2004), y de la CREG (CREG, 2004), donde se proyecta que con las inversiones propuestas para el periodo 2004-2009, se consiga un aumento de 843.000 nuevos usuarios en ese mismo periodo. Esto equivale a un crecimiento promedio de 170.000 usuarios nuevos cada año aproximadamente. Si se compara este valor con el crecimiento según la tendencia lineal, desacelerada a un 60% ( $m_2 = m_1 \cdot 0.60$ ), es decir un crecimiento de 165.000 usuarios por año, se encuentra que es consecuente con las proyecciones del gobierno y de la comisión reguladora. A partir de la información anterior se proyecta el crecimiento del número de suscriptores por medio de la línea de tendencia lineal. Las proyecciones obtenidas se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 14. Proyección de crecimiento de usuarios de gas natural mediante tendencia lineal.

Proyección de suscriptores						
Año	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Residenciales	3916420,9	4086226,8	4256032,7	4425838,6	4595644,6	4765450,5
Proyecc. Total	3972561,6	4139502,1	4306442,7	4473383,3	4640323,8	4807264,4

La siguiente ilustración presenta en conjunto las estadísticas analizadas y las proyecciones realizadas dentro del presente estudio.

Ilustración 104. Crecimiento histórico y proyectado del número de usuarios.



Verificando la proyección, se obtiene que durante el periodo 2004-2009 el aumento de usuarios corresponde aproximadamente a 900.000 usuarios lo que es consecuente con la proyección del gobierno antes mencionada.

En cuanto a los clientes, estos son generalmente empresas constructoras, contratistas para redes de gas o propietarios de viviendas que se suscriben al servicio, de forma que el número de clientes es alto y está disperso geográficamente en el área de cobertura del sistema de gas. Esto sugiere que la estructura del mercado se asemeja a una competencia perfecta donde ofreciendo un producto nuevo, es difícil alcanzar una cuota de mercado significativa. Dado esto se establece un techo de 7% de cuota de mercado en cada una de las plazas que se tomen.

La información de usuarios se ha recopilado también por departamentos y se ha proyectado de la misma forma que se hizo con el agregado nacional, como se muestra en la siguiente tabla. Esta se ha organizado de acuerdo a los departamentos que han tenido un mayor crecimiento promedio histórico desde 2003 hasta 2006.



Tabla 15. Datos de suscriptores por departamento.

Estadísticas de suscriptores del servicio de gas natural de tipo residencial por departamento ordenadas por crecimiento promedio de mayor a menor incluyendo los 13 mayores Datos históricos							
Departamento	2003	2004	2005	2006	Promedio usuarios nuevos por año	intersect o	Correlac
BOGOTA D.C.	951.912	1.044.165	1.104.275	1.184.316	45.439	-9,E+07	99,70%
VALLE	266.255	272.032	392.302	450.753	40.426	-8,E+07	95,39%
ANTIOQUIA	6.535	106.941	124.993	186.012	33.389	-7,E+07	96,41%
A	68.635	77.848	106.212	136.836	13.978	-3,E+07	97,71%
SANTANDER	196.338	226.186	238.834	244.323	9.396	-2,E+07	94,28%
ATLANTICO	309.819	318.871	329.201	339.398	5.944	-1,E+07	99,96%
TOLIMA	82.453	91.218	100.117	111.782	5.813	-1,E+07	99,74%
QUINDIO	22.097	32.979	40.147	47.183	4.946	-1,E+07	99,37%
BOYACA	28.693	38.948	44.454	52.694	4.651	-9,E+06	99,37%
CESAR	58.155	63.605	69.843	78.507	4.038	-8,E+06	99,41%
HUILA	84.609	88.347	95.217	100.948	3.353	-7,E+06	99,40%
MAGDALENA	85.411	89.112	92.626	98.624	2.589	-5,E+06	99,11%
CASANARE	16.789	19.166	21.337	25.005	1.609	-3,E+06	99,23%

CREG, 2006

Departamento	Proyecciones					
	2007	2008	2009	2010	2011	2012
BOGOTA D.C.	1.229.755	1.275.195	1.320.634	1.366.073	1.411.513	1.456.952
VALLE	491.179	531.605	572.031	612.456	652.882	693.308
ANTIOQUIA	219.401	252.790	286.179	319.568	352.957	386.346
CUNDINAMARC	150.814	164.792	178.770	192.748	206.726	220.704
SANTANDER	253.719	263.115	272.512	281.908	291.304	300.700
ATLANTICO	345.342	351.286	357.230	363.174	369.118	375.062
TOLIMA	117.595	123.408	129.221	135.035	140.848	146.661
QUINDIO	52.129	57.074	62.020	66.965	71.911	76.856
BOYACA	57.345	61.995	66.646	71.296	75.947	80.597
CESAR	82.545	86.582	90.620	94.658	98.695	102.733
HUILA	104.301	107.654	111.008	114.361	117.714	121.067
MAGDALENA	101.213	103.802	106.392	108.981	111.570	114.159
CASANARE	26.614	28.223	29.832	31.442	33.051	34.660

La información anterior sirve para determinar las plazas con un mercado potencial mayor de forma que se pueda definir este aspecto en relación a la comercialización. Las 5 primeras plazas concentran un 60% de los usuarios conectados en 2006, pero lo más importante es que concentran un 84% del

crecimiento promedio, de forma que el 84% del crecimiento agregado nacional corresponde a estas 5 plazas. De esta forma se encuentra adecuado concentrar la actividad comercial en Bogotá, Cundinamarca, Valle del Cauca, Santander y Antioquia. El número de usuarios nuevos en estas 4 plazas es en promedio 142.628 usuarios.

El mismo análisis anterior se hace con la información por empresa, encontrando que las empresas con mayor crecimiento promedio histórico son las que tienen su zona de influencia en Bogotá D.C., Valle del Cauca y Antioquia respectivamente, datos que son congruentes con la información analizada respecto a los departamentos, Ver Tabla 16. Estadísticas por empresa.

El informe de la CREG (CREG, 2004) menciona que las empresas de las que se proyecta un mayor crecimiento son Gas Natural S.A. E.S.P. y EPM E.S.P. lo que ratifica las proyecciones presentadas.

Tabla 16. Estadísticas por empresa.

Estadísticas de suscriptores del servicio de gas natural de tipo residencial por empresa ordenadas por crecimiento promedio de mayor a menor incluyendo los 13 mayores							
Datos históricos							
Empresa					Promedio usuarios nuevos por año	intersección	Correlación
	2003	2004	2005	2006			
Gas Natural S.A	1000772	1098285	1161480	1248776	80720,7	-2,E+08	99,70%
Gases De Occidente S.A.	17166	212032	258373	303090	45529	-9,E+07	92,68%
Empresas Publicas De Medellín	64202	105297	123788	179760	36516,5	-7,E+07	98,28%
Alcanos De Colombia S.A.	175585	189196	218355	242366	22950,2	-5,E+07	99,09%
Gas Natural Del Oriente S.A.	112826	140146	152768	182768	22244,8	-4,E+07	98,94%
Surtidora De Gas Del Caribe S.A.	302815	320743	343478,5	366214	21293,25	-4,E+07	99,85%
Gas Natural Cundiboyacense	42409	56929	74668	99909	19023,9	-4,E+07	99,19%
Gases De Occidente A Exclusiva	94595	114262	133929	147663	17887,1	-4,E+07	99,67%
Gases Del Caribe S.A.	438806	453719	469975	489061	16702,1	-3,E+07	99,84%
Gases Del Oriente S.A.	10282	56416	63122	61330	15985	-3,E+07	82,01%
Gas Del Risaralda S.A.	37316	49711	58860	66875	9782,6	-2,E+07	99,48%
Gases Del Quindio S.A E.S.P	22097	32979	40147	47183	8242,6	-2,E+07	99,37%
Gas Natural Del Cesar S.A.	13532	16746	22879	29012	5257,3	-1,E+07	99,09%

CREG, 2004.

Estadísticas de suscriptores del servicio de gas natural de tipo residencial por empresa ordenadas por crecimiento promedio de mayor a menor incluyendo los 13 mayores						
Proyecciones						
Empresa	2007	2008	2009	2001	2011	2012
Gas Natural S.A E.S.P	1.329.497	1.410.217	1.490.938	1.490.938	1.652.380	1.733.100
Gases De Occidente S.A.	348.619	394.148	439.677	439.677	530.735	576.264
Empresas Publicas De Medellín	216.277	252.793	289.310	289.310	362.343	398.859
Alcanos De Colombia S.A.	265.316	288.266	311.217	311.217	357.117	380.067
Gas Natural Del Oriente S.A.	205.013	227.258	249.502	249.502	293.992	316.237
Surtidora De Gas Del Caribe S.A. E.S.P	387.507	408.801	430.094	430.094	472.680	493.974
Gas Natural Cundiboyacense S.A.	118.933	137.957	156.981	156.981	195.029	214.052
Gases De Occidente Area Exclusiva	165.550	183.437	201.324	201.324	237.099	254.986
Gases Del Caribe S.A.	505.763	522.465	539.167	539.167	572.571	589.274
Gases Del Oriente S.A.	77.315	93.300	109.285	109.285	141.255	157.240
Gas Del Risaralda S.A.	76.658	86.440	96.223	96.223	115.788	125.571
Gases Del Quindio S.A E.S.P	55.426	63.668	71.911	71.911	88.396	96.639
Gas Natural Del Cesar S.A.	34.269	39.527	44.784	44.784	55.299	60.556

Se propone penetrar cada una de las plazas en periodos diferentes de forma que se afronta un mercado potencial de la magnitud mostrada en la siguiente tabla.

Tabla 17. Proyecciones por periodo de acuerdo a la penetración de plazas.

Departamento	2.007	2.008	2.009	2.010
BOGOTA D.C.	45.439	45.439	45.439	45.439
VALLE			40.426	40.426
ANTIOQUIA	33.389	33.389	33.389	33.389
CUNDINAMARCA		13.978	13.978	13.978
SANTANDER				9.396
Total	78.828	92.806	133.232	142.628

De acuerdo a lo anterior se inicia con Antioquia y Bogotá, en el siguiente periodo se ingresa a Cundinamarca, luego Valle y finalmente a Santander. En la tabla anterior se presenta un 0 en las plazas que no se han penetrado.

A partir del potencial del mercado mostrado, tomando una cuota del 7%, de acuerdo al techo establecido, se encuentra que se consigue un nivel de producción como se muestra a continuación. También se encuentra el número de moldes necesarios en cada año para mantener ese nivel, a partir del parámetro de 6 inyecciones diarias por molde, según se establece en el estudio técnico mas adelante.

Tabla 18. Cálculo de la oferta.

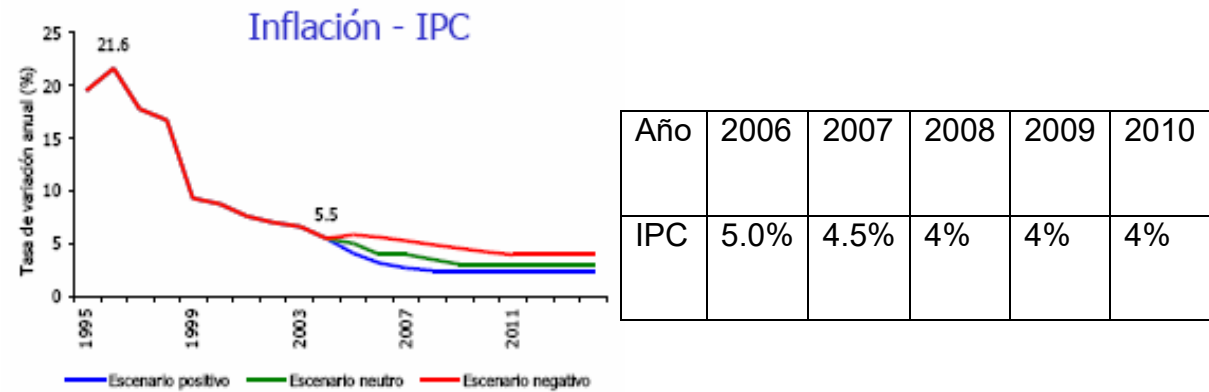
Periodo	2007	2008	2009	2010
Mercado potencial	78.828	92.806	133.232	142.628
Cuota de mercado	7,00%			
Cantidad Diaria	18	21	30	32
Cantidad mensual	460	541	777	832
Cantidad anual	5.518	6.496	9.326	9.984
Numero de moldes	4	4	6	6
Unids diarias por molde	4,5	5,3	5,0	5,4

Comercialización. El producto se vende en forma directa por los fabricantes o a través de minoristas en tiendas que venden productos relacionados, como medidores, tubería y válvulas para gas. No se tiene información sobre la forma en que se promociona el producto, se cree que principalmente se vende por medio de

contacto directo entre clientes grandes y fabricantes de acuerdo a las condiciones comerciales (precio, tiempo de entrega, capacidad productiva).

Proyección macroeconómica. Para proyectar el precio de venta se utilizan las proyecciones macroeconómicas de inflación en Colombia, con este índice se proyecta el precio de venta para los diferentes años del proyecto, así como los salarios y otros costos y gastos. Los datos disponibles obtenidos de (FEDESARROLLO, 2005) son los que se muestran en la siguiente ilustración:

Ilustración 105. Proyección de la inflación para Colombia.



FEDESARROLLO, 2005

En cuanto a la periodicidad de la demanda, se ha observado información del número de usuarios desagregada por meses observando que la demanda mantiene una relativa uniformidad a lo largo del año.

Se resalta que por parte del cliente no se tienen una percepción de valor del producto dado que se considera satisfecho si el producto no altera las condiciones del lugar donde es instalado. Una de las consideraciones para su instalación es el estético, la cual después del precio es tal vez el más importante, por el efecto que tiene el producto sobre la fachada del inmueble donde se instala.

El horizonte de proyección se establece en 4 años considerando que el sostenimiento del crecimiento durante este periodo se debe a inversiones significativas anunciadas por el gobierno y la empresa privada, de las que se desconoce si continuarán mas allá del horizonte planteado.

El anterior estudio se ha realizado por medio de información de fuentes secundarias que la han registrado a través de sistemas informáticos de facturación que sugieren un nivel de confiabilidad elevado. Se ha incluido también información de tipo primario al realizar los estudios de campo de los gabinetes en uso y de su comercialización.

## 5.5 ANÁLISIS DEL PRECIO

La estimación del precio se establece a partir del nivel actual de precios. La información sobre precio del producto disponible al inicio del proyecto revela un promedio de 34.000\$ col antes de IVA, para un producto relativamente no diferenciado como se muestra en el marco teórico. Este parámetro sirve para establecer un techo si se pretende salir al mercado con una estrategia de precios. El producto se encuentra gravado con un IVA del 16%. Se establece un precio de 30000\$ para el primer año que se incrementa de acuerdo a la inflación del año anterior.

## 5.6 DETERMINACIÓN DE INGRESOS PROYECTADOS

Los ingresos por ventas se proyectan utilizando la oferta estimada y los niveles de precio a lo largo del horizonte como se muestra a continuación:



natural, es decir almacenes de venta de productos relacionados con el gas natural (medidores, válvulas, reguladores, tubería, acoples, entre otros). Estos 2 pasos se dan en cada una de las plazas donde se decide penetrar el mercado.

La venta en sí se hace a través de un vendedor que trabaja con una comisión sobre las ventas del 10%. La misma comisión se ofrece a forma de descuento para los distribuidores. La mitad de este rubro se ofrece a los constructores como un descuento por compras mayores a 20 unidades disminuyendo la comisión del vendedor.

Almacenamiento. El producto deberá ser almacenado en la planta de producción de forma que se mantenga un nivel de inventarios para satisfacer los envíos periódicos de mercancía. El nivel de inventarios se establece en un 25% de las ventas proyectadas del mes, siendo estas 1/12 de las ventas del año dado que se ha establecido uniformidad a lo largo del año.

Transporte. La distribución física se hace a través de una empresa de transporte haciendo la entrega en el establecimiento del cliente a nivel nacional.

Mercadeo. Esta actividad se hace a través del vendedor quien contacta en forma telefónica a los clientes y distribuidores para ofrecerles información sobre el producto, visitarlos y presentarles muestras funcionales de forma que puedan conocer el producto. La presentación también se hace a través del envío de cartas por correo electrónico y por correo físico, adjuntando un plegable con información comercial de acuerdo al tipo de cliente y la información técnica que se considere necesaria. La actividad de mercadeo debe buscar concentrar el esfuerzo en pocos clientes con un volumen de ventas elevado.

Las características del producto que se han mejorado dentro del desarrollo técnico deben ser resaltadas en la presentación del producto a los clientes de forma que se perciba un mayor valor en el producto respecto a los sustitutos.



## 5.8 ANÁLISIS TÉCNICO Y AMBIENTAL

Dado que los capítulos anteriores presentan un desarrollo detallado del artefacto técnico propuesto este análisis no se presenta en esta sección como lo plantea la metodología. En cambio se presenta un análisis a nivel agregado de la producción, complementado con un análisis básico de tipo ambiental.

Capacidad de la planta. La capacidad de la planta se define con base en los requerimientos diarios de producción. Esta se estiman para cada año como se muestra en la siguiente tabla donde se muestra la capacidad instalada definida por el número de moldes disponibles y la capacidad utilizada de acuerdo a los requerimientos de producción, el porcentaje de capacidad ociosa presentado sirve como colchón para picos de producción que se presenten.

Tabla 20. Capacidades de producción instalada y utilizada.

	2007	2008	2009	2010
Cantidad Diaria	18	21	30	32
Numero de moldes	4	4	6	6
Capacidad Instalada anual	7413,1	7413,12	11119,68	11119,68
capacidad utilizada anual	5518,0	6496,4	9326,3	9984,0
% de capacidad ociosa	26%	12%	16%	10%

Como se menciona en el estudio de mercados, se establece un nivel de utilización de los moldes de 6 unidades por día dado que el molde requiere un tiempo para ser preparado, para que la pieza cure y para ser limpiado después de que se ha retirado la pieza.

De acuerdo al listado de tiempos presentado en el capítulo 3 (Tabla 10. Resumen tiempos y frecuencia de las actividades. El tiempo requerido para procesar una unidad es como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 21. Detalle de tiempos de proceso.

Actividad	Tiempo (h)	Tiempo/unidad	Frecuencia
Preparación del molde	2,50	0,25	Cada 10 unidades inicialmente.
Corte preformas	0,10	0,10	Cada unidad, unidades.
Preparación de la resina y del equipo	0,20	0,01	Cada día
Disposición preforma, cierre molde, acabado.	0,20	0,20	Cada unidad.
Curado	0,67	0,67	Cada unidad
Inyección	0,17	0,17	Cada unidad.
Total actividades intensivas de mano de obra		0,73	56%
Total actividades NO intensivas de mano de obra		0,67	44%
Total		1,39	

En la tabla anterior se calcula, dentro del tiempo de proceso de cada gabinete de 1.39h, el tiempo que es intensivo en mano de obra y el que no de forma que con el primero pueda calcularse junto con las unidades requeridas las necesidades de mano de obra operativa.

Requerimientos de mano de obra. Dado que se requieren 0.73h de mano de obra por unidad en la siguiente tabla se calcula las necesidades de personal operativo.

Tabla 22. Calculo requerimientos de mano de obra y costo.

Periodo	2007	2008	2009	2010
Mano de obra por unidad	0,73			
Periodo	2007	2008	2009	2010
Unidades	18	21	30	32
Horas de mano de obra por día	13	15	22	23
Horas utiles por persona día	6			
Requerimiento de personas	2	3	4	4
Costo por empleado mes	\$ 660.960	\$ 690.703	\$ 718.331	\$ 747.065
Costo mano de obra mes	\$ 1.427.858	\$ 1.756.696	\$ 2.622.778	\$ 2.920.059

Inventario. Se considera adecuado mantener niveles de inventario suficientes para satisfacer las necesidades de un mes en las materias primas importadas como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 23. Requerimientos de materia prima en inventario, equivalentes al consumo mensual.

Periodo	2007	2008	2009	2010
Materia prima				
Resina (Canecas de 220kg/mes)	1,0	1,2	1,7	1,8
Mat 450gr/m2 (rollos de 50kg/mes)	4,6	5,5	7,8	8,4

Distribución de planta. Dado que las actividades requeridas son secuenciales un esquema de línea donde se establecen puntos para las diferentes actividades resulta adecuado. Para el caso se sugiere un esquema de distribución donde se dispone de 25m<sup>2</sup> para las actividades en las que interviene el molde (excluyendo la inyección) mas el uso del área de corte de preformas durante 3h por día y el área de inyección durante 3h por día. Se asume un costo de arrendamiento del área de 1'100.000\$ mensuales el primer año creciendo con la inflación.

Inversión. Dado que el equipo de inyección ya existe no se requiere hacer esta inversión, pero se asume como costo del proyecto, el 30% de la depreciación. La inversión requerida se atribuye a mesas y herramientas para el manejo de los moldes y los kits de preformas, taladros y herramientas de corte por un costo de 6'000.000\$ útiles durante todo el horizonte de tiempo. Se calcula que debe invertirse cada año en los moldes requeridos para el siguiente periodo, a un costo de 3'000000\$ cada uno el primer año. Por requerirse cada año se manejan como gastos ya que no se justifica considerarlos activos. La adecuación del espacio requiere de 1'500.000\$. Se requiere una inversión de 3'500.000 para el montaje y arranque de la planta lo cual se toma como un activo diferido en el horizonte de tiempo del proyecto.

Se considera que la inversión requerida en capital de trabajo equivale a las necesidades de efectivo de un mes en costos operacionales.

El costo sin incluir la mano de obra de cada gabinete se establece en 6500\$ de acuerdo al costeo presentado antes.

Estudio de impacto ambiental. En esta sección se realiza una identificación de los impactos ambientales generados por el proyecto. La identificación se hace mediante una matriz de causa efecto como se muestra en la Tabla 24. Matriz causa efecto para identificación de impactos ambientales. El análisis se hace para el proceso productivo y no para el ciclo de vida completo.

Tabla 24. Matriz causa efecto para identificación de impactos ambientales.

Unidad Funcional	Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental	Causa
Gabinetes	Consumo de agua	Agotamiento del recurso	Consumo
	Generación de vertimientos	Vertimiento al alcantarillado	Lavados
	Emisiones atmosféricas leves	Emisión de VOC	Curado
	Generación de ruido ambiental	Afecta salud del trabajador	funcionamiento Compresor y bomba vacío
	Generación de residuos sólidos	Disposición y recuperación de residuos.	Operación
	Suelo	Residuos de regueros	Reguero
	Generación de vertimientos	Regueros	Vertimiento al alcantarillado de un reguero
	Socioeconómico	Empleo	Empleo

Se concluye a partir del análisis anterior que el proceso no genera impactos fuertes excepto cuando ocurren situaciones de emergencia como regueros de resina. Por lo tanto debe tenerse cuidado especial con el manejo de las materias primas. Además debe cuidarse los niveles de estireno que hay en el ambiente manteniendo los recipientes de resina y disolventes cerrados. El personal debe utilizar elementos protectivos para la respiración y la audición.

No se considera pertinente para este estudio cuantificar los impactos dado que excedería el espacio que se pretende utilizar.

## 5.9 ANÁLISIS ADMINISTRATIVO Y ORGANIZACIONAL.

No se profundiza en este aspecto mas allá de establecer el costo de esta función asignable al proyecto, dado que se propone establecer el proyecto como unidad productiva dentro de una empresa establecida y no establecer una nueva empresa. De parte de la empresa, a este nivel se requiere obtener las actividades de facturación, dirección de la producción, manejo de cartera, venta.

Se generan los siguientes gastos:

- Administración: 700.000\$ mensuales equivalentes a un 30% del salario del jefe de producción por sus labores de ingeniería del proyecto como director de la unidad productiva.
- Venta: se paga por comisión del 10% sobre el precio antes de IVA.
- Papelería: Incluyendo facturación se estiman 150000\$ mensuales.
- Aseo: 25% de un salario mínimo se asigna a la unidad de gabinetes como costo del aseo.
- Gastos de distribución: se considera un costo de 1600\$ por gabinete para el envío al cliente del producto terminado.

## 5.10 ANÁLISIS FINANCIERO

De acuerdo a los diferentes flujos de efectivo determinados en las secciones anteriores, corresponde en este caso analizar si a partir del flujo de caja neto de cada periodo resulta favorable en términos financieros ejecutar la inversión requerida y llevar a cabo el proyecto.

El flujo de caja de cada periodo de acuerdo a la información de las secciones anteriores es el que se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 25. Flujo de caja del proyecto.

		IPC	4,50%	4%	4%	4%
		2006	2007	2008	2009	2010
PERIODO	0	1	2	3	4	5
Ingresos operacionales			\$ 165.539.430	\$ 203.663.469	\$ 304.073.094	\$ 338.538.520
- Egresos operacionales			\$ 88.861.437	\$ 99.002.400	\$ 126.991.246	\$ 135.241.251
- Costos fabricación variables			\$ 35.866.877	\$ 44.127.085	\$ 65.882.504	\$ 73.350.013
Costo unitario Producción			\$ 6.500	\$ 6.793	\$ 7.064	\$ 7.347
- Costos fabricación fijos			\$ 52.994.560	\$ 54.875.315	\$ 61.108.742	\$ 61.891.238
Mano de obra gabinetes			\$ 23.794.560	\$ 24.865.315	\$ 24.746.342	\$ 24.746.342
Construcción moldes			\$ 11.200.000	\$ 11.200.000	\$ 16.800.000	\$ 16.800.000
Servicios públicos y mantenimiento			\$ 4.800.000	\$ 5.016.000	\$ 5.216.640	\$ 5.425.306
Arriendo			\$ 13.200.000	\$ 13.794.000	\$ 14.345.760	\$ 14.919.590
Utilidad bruta			\$ 76.677.994	\$ 104.661.069	\$ 177.081.848	\$ 203.297.269
- Gastos administración			\$ 36.788.713	\$ 32.118.751	\$ 41.792.577	\$ 44.698.898
Administración			\$ 8.400.000	\$ 8.400.000	\$ 8.400.000	\$ 8.400.000
Venta			\$ 16.553.943	\$ 10.183.173	\$ 15.203.655	\$ 16.926.926
Papelería			\$ 1.446.000	\$ 1.511.070	\$ 1.571.513	\$ 1.634.373
Aseo			\$ 1.560.000	\$ 1.630.200	\$ 1.695.408	\$ 1.763.224
Gtos Distribución variables			\$ 8.828.770	\$ 10.394.308	\$ 14.922.002	\$ 15.974.374
- Gastos no desembolsables			\$ 1.675.000	\$ 1.675.000	\$ 1.675.000	\$ 1.675.000
Deprec. Maquinaria	10%		\$ 650.000	\$ 650.000	\$ 650.000	\$ 650.000
Deprec. Muebles y enseres	10%		\$ 150.000	\$ 150.000	\$ 150.000	\$ 150.000
Amort. activos diferidos	25%		\$ 875.000	\$ 875.000	\$ 875.000	\$ 875.000
= Utilidad antes imptos.			\$ 38.214.281	\$ 70.867.318	\$ 133.614.271	\$ 156.923.371

		IPC	4,50%	4%	4%	4%
		2006	2007	2008	2009	2010
PERIODO	0	1	2	3	4	5
= Utilidad antes imptos.			\$ 38.214.281	\$ 70.867.318	\$ 133.614.271	\$ 156.923.371
- Impuestos	38,5%		\$ 14.712.498	\$ 27.283.917	\$ 51.441.494	\$ 60.415.498
= Utilidad después imptos.			\$ 23.501.783	\$ 43.583.400	\$ 82.172.776	\$ 96.507.873
desemb.			\$ 1.675.000	\$ 1.675.000	\$ 1.675.000	\$ 1.675.000
= Utilidad neta			\$ 25.176.783	\$ 45.258.400	\$ 83.847.776	\$ 98.182.873
- Inversiones		\$ 18.405.120	\$ -	\$ 8.250.200	\$ 2.332.404	\$ -
Adecuaciones		\$ 1.500.000				
Muebles y enseres		\$ 1.500.000				
Maquinaria		\$ 4.500.000				
Activos diferidos		\$ 3.500.000				
Capital de Trabajo		\$ 7.405.120	\$ -	\$ 8.250.200	\$ 2.332.404	\$ 8.937.700
+ Valor residual						29.075.424
Maquinaria						1.900.000
Muebles y enseres						250.000
trabajo						26.925.424
Flujo de Caja Neto		-18.405.120	25.176.783	37.008.200	81.515.373	127.258.297

Se obtiene como resultado el flujo de caja neto de cada periodo, el cual muestra la capacidad de generación de efectivo del proyecto o las necesidades de inversión (cuando el FC es negativo).

La tabla anterior muestra como se presenta un flujo de caja libre positivo en todos los periodos excepto en el 0 donde se hace el desembolso de la inversión, lo que permite concluir que es un flujo de caja convencional del cual puede obtenerse la tasa interna de rendimiento TIR como medida de la rentabilidad.

Los valores del flujo de caja de cada de cada periodo se traen a valor presente utilizando una tasa interna de oportunidad (TIO) del 25%. Esta tasa se compone de un 9% equivalente a la tas libre de riesgo del mercado (Los TES del Banco de la República) mas una prima de riesgo del 16%, considerando que es una empresa pequeña entrando a un mercado que requiere poco capital para entrar (BACA,2004). De esta forma se obtiene lo que se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 26. Tir y VPN del proyecto.

Flujo de Caja Neto		-18.405.120	25.176.783	37.008.200	81.515.373	127.258.297
Tasa dcto.(%)	25%					
VPN(i%)	95.425.939					
TIR	188,50%					

Como se muestra en la tabla anterior, se obtiene un Valor presente neto (VPN), de los flujos de caja, positivo y una TIR que es superior a la TIO de forma que por ambos criterios resulta adecuado hacer la inversión.

Se encuentra además que se genera un margen de utilidad respecto a las ventas superior al 12% en todos los periodos. De esta forma se concluye que en términos financieros el proyecto genera un retorno de la inversión elevado, que resulta atractivo si se considera el horizonte de tiempo corto.

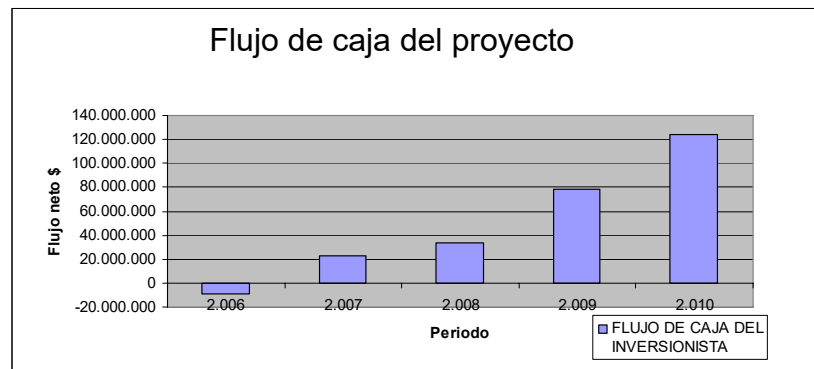
Se encuentra además que si se utiliza un préstamo bancario con un interés del 22% e.a. (la cual es una tasa demasiado alta, cercana a la de usura) se incrementa el retorno sobre la inversión. De forma que apalancar la inversión por medio de un préstamo resulta favorable para la rentabilidad a la vez que se suple



la falta de recursos para llevar a cabo la inversión. Si la tasa es inferior el beneficio será mayor (BACA, 2004).

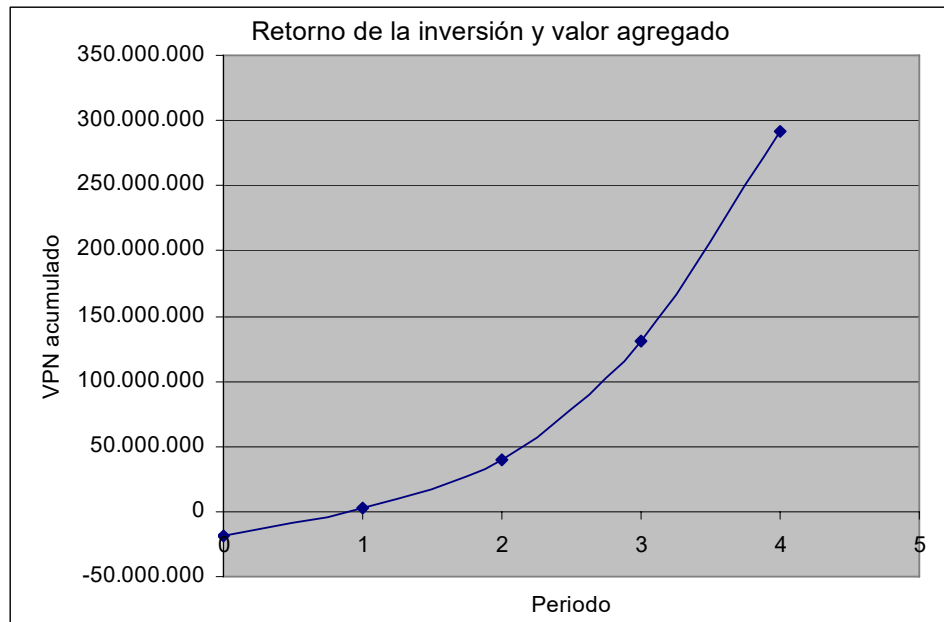
El siguiente gráfico presenta el flujo de caja neto de cada periodo, se observa como se incrementa con el crecimiento de la demanda

Tabla 27. Flujo de caja libre de cada periodo.



Si se analiza mediante un gráfico de retorno de la inversión y valor agregado (IRVA) (BRIGHAM, 2005) se encuentra que antes de finalizar el primer periodo de operación ya se ha producido el retorno de la inversión y que a partir de ese punto se esta generando valor económico para los accionistas como se muestra en el siguiente gráfico. Esto demuestra lo pequeña que es la inversión respecto a los beneficios que trae.

Tabla 28. Gráfico del IRVA.



## 5.11 CONCLUSIÓN

Se ha hecho un análisis ampliado del proyecto industrial presentado. Se han considerado las diferentes variables que pueden afectar su desempeño, con el fin de reunir la información suficiente para decidir sobre su ejecución. En última instancia el criterio de decisión es el financiero como es usual en los proyectos privados. Pero dado que los demás estudios han sido considerados y que no contradicen los criterios de decisión financieros se sugiere una decisión que no se limita a las consideraciones financieras. De esta forma se exceden los límites de la investigación alrededor de un artefacto, una tecnología y un problema al ámbito empresarial con un enfoque innovador y emprendedor.

## 6 CONCLUSIONES

Con este capítulo se finaliza el documento del proyecto presentando conceptualmente los resultados alcanzados.

### 6.1 MARCO TEÓRICO

Como partida se presenta un estudio de la situación actual de los gabinetes que se utilizan para alojar los medidores de gas, junto con la normatividad y demás información relacionada, lo que permite conocer las características requeridas para desempeñar su función, los problemas que presenta la solución actual y los límites que definen una solución satisfactoria.

Se obtiene además una caracterización de la tecnología propuesta inicialmente, donde se identifican las características relacionadas con el diseño de la pieza, del herramental y del proceso, con sus aplicaciones y limitaciones, y seleccionada de acuerdo al apoyo técnico y financiero disponible.

El estudio detallado de la solución previa y la caracterización de la tecnología establecen en conjunto una base adecuada para iniciar la síntesis conceptual del objeto de estudio.

### 6.2 DISEÑO

Se lleva a cabo un proceso a través del cual un problema real se analiza y describe de forma completa. Una metodología antes desconocida se sigue buscando verificar sus características. El enfoque es el Análisis paramétrico de Kroll presentado en “Innovative Conceptual Design” (KROLL, 1997).

Se integran algunas herramientas y métodos a la metodología para presentar un caso de estudio interesante que permitiera afianzar los conceptos aprendidos en el curso de herramientas de diseño y en cursos previos de diseño de ingeniería.

A partir del proceso de diseño, quedan definidas las variables relativas al producto propuesto, que aunque son particulares a una necesidad claramente identificada, mediante el proceso ilustrado pueden modificarse para escalar la solución a otras aplicaciones, dado el carácter paramétrico de la metodología utilizada.

Se hacen algunas observaciones sobre el proceso ejecutado:

- Los pasos seguidos en esta metodología, componen un proceso que de otra forma se hace mentalmente por el diseñador. La diferencia es que no se hacen concientemente ni tampoco en una forma tan ordenada. Las recomendaciones de la metodología para cada paso (simplificación y transformación para identificación de parámetros, integración e identificación de elementos constituyentes para la síntesis creativa y las 3 formas de evaluación para la evaluación) extienden la capacidad del diseñador para llevar a cabo un proceso más ordenado que de otra forma se haría mentalmente y de forma inconciente.
- La afirmación de Kroll de “Al enfocarse solo en los parámetros más dominantes, la tarea general de diseño se simplifica, aumentando la posibilidad de descubrir o cambiar los principios fundamentales y los conceptos de diseño”, se demuestra como verdadera.
- La identificación de la tecnología definida previamente evita la necesidad de desarrollar diferentes conceptos de diseño haciendo cambios de esta como una variable de diseño más.
- La forma de apertura del molde, que inicialmente parecía como el parámetro más crítico, se organiza más adelante en el proceso de síntesis y no en el

principio.

- Las 3 formas de realizar la evaluación son útiles para mostrar el camino a través del proceso. Hacer la evaluación solo frente a los requerimientos limita el orden del proceso, las otras 2 formas de evaluación de conceptos dan una guía entre un concepto evaluado positiva o negativamente y el siguiente parámetro para analizar.
- La evaluación continua durante la síntesis lleva a una etapa en la cual, luego de haber recorrido todos los requerimientos (parámetros) por medio del análisis paramétrico, se tiene un concepto que satisface los requerimientos en forma adecuada.
- Aunque se muestra poco trabajo a medida que se desarrolla el análisis paramétrico, las tareas requeridas para alcanzar los resultados mostrados son considerablemente más duras, dado que cada paso del análisis implica tener que generar alternativas, desarrollarlas, considerar los elementos constituyentes del producto, integrarlos junto con todas las dimensiones que se debían considerar y evaluarlos en 3 niveles diferentes.

La información del producto, del proceso y del herramental se ha organizado y completado de forma que sea apta para la manufactura del producto dentro de un sistema básico de aseguramiento de la calidad tomando conceptos del diseño para manufactura y del diseño para ensamble.

Los resultados de la síntesis conceptual se reúnen en procedimientos y planos de detalle para la manufactura de los productos.

Se ha implementado una técnica de costeo moderna como complemento al desarrollo técnico buscando aumentar la información disponible para la toma de la decisión de ejecutar o no la fase productiva del proyecto, además de que se lleva un control durante el desarrollo de las necesidades presupuestales.

La mayor actividad creativa se concentra en la síntesis de alternativas para configuración del molde.

Se observa que el proceso de diseño de detalle posterior al análisis paramétrico, se desarrolla en forma similar al anterior pero no siendo tan explícito ni ordenado en las actividades lo que sirve como comparación entre la metodología expuesta y la convencional. Lo que sugiere la posibilidad de incorporar parte del diseño de detalle dentro del proceso inicial.

En resumen, se ha sintetizado mediante un proceso metódico, una alternativa de solución a la necesidad de alojar los medidores de gas para su utilización, considerando los requerimientos antes identificados y definido con un nivel de detalle tal que es posible proceder a la construcción del concepto de diseño presentado. El concepto de diseño se encuentra constituido por los planos de detalle, los procedimientos de operaciones y las especificaciones técnicas de materias primas, maquinaria y herramientas requeridas con los que finalmente se pueden fabricar prototipos con el equipo de RTM Light.

### 6.3 CONSTRUCCIÓN

Se le da cuerpo al concepto de diseño verificando la factibilidad de construir los moldes y prototipos de acuerdo a la documentación desarrollada en la fase de diseño.

Se desarrollan una serie de pruebas preliminares que permiten ajustar los parámetros del proceso y verificar las estrategias constructivas.

Se construyen los moldes diseñados para la fabricación de las piezas principales del gabinete, siguiendo estrictamente el procedimiento diseñado para tal fin. Este proceso muestra como se ha diseñado un proceso de construcción y una geometría factibles de ser materializados dado que se consiguen los resultados

esperados. Se demuestra la pertinencia de los procedimientos detallados para el proceso y de la organización de los planos en tanto estos agilizan el proceso y ayudan a evitar errores e inconformidades con los requerimientos.

Se genera un registro fotográfico y textual detallado de las actividades ejecutadas como una referencia para construcciones futuras y como un aporte a la documentación final requerida para producción.

Durante la construcción de los moldes se encuentran algunos aspectos que deben ser mejorados (canal periférico, apoyo entre moldes y superficie para empaques), por lo que se incorporan cambios en medio del proceso como la inclusión de refuerzo en la zona del canal periférico.

Se definen algunas actividades de construcción como de poca importancia para los objetivos planteados de forma que no se ejecutan en el proceso constructivo y se dejan solo planteadas, dado que se considera que su realización no aporta a los resultados. Estas actividades son la perforación de los agujeros para tornillos, la instalación de las correillas para sujeción y de las placas posteriores para sujeción a pared.

Se realiza una inyección de prueba en la cual se consigue el llenado de la cavidad y además se registran los valores de las variables del proceso observando como funciona el molde respecto al comportamiento esperado. Se encuentra que el diseño es adecuado en cuanto se consigue el flujo a través de las áreas requeridas, se mantiene cerrado el molde durante la inyección y el curado, se consigue desmoldar la pieza y se conserva la integridad del molde para su utilización posterior.

## 6.4 EVALUACIÓN TÉCNICA

Se ha cubierto cada uno de los objetivos, requerimientos, recomendaciones y problemas reconocidos previamente con los parámetros de revisión que se proponen en el protocolo.

Se ha desarrollado un procedimiento de evaluación que permite medir en forma objetiva la forma en que cada uno de los productos materiales se ajusta a los requerimientos establecidos.

Se ha ejecutado el protocolo de evaluación, obteniendo una caracterización del producto presentado respecto a los requerimientos de diseño antes planteados, lo que ha permitido encontrar las diferentes inconformidades de forma que se puedan sugerir posibilidades de mejora.

Se encuentra desde un principio, que finalmente el gabinete presenta problemas y que no es una solución apta para llevarse al mercado en ese estado. Pero entendiendo que el objetivo es desde un principio generar un prototipo, a partir del cual pueda iniciarse un proceso de mejoramiento antes de la salida al mercado; se entiende el gabinete presentado, a pesar de los problemas que presenta, como un producto satisfactorio para los objetivos de la investigación. Esto, dado que se constituye en una fuente de información clave para el mejoramiento, tanto del mismo producto como de las bases conceptuales para desarrollos posteriores.

La documentación utilizada para la construcción y evaluación de los productos se manifiesta como un producto indispensable a la hora de desarrollar un producto y un proceso industrial que deba ser repetible, mejorable y extensible a otras necesidades que se identifiquen, en cada una de sus fases.

Se encuentra la necesidad de llevar a cabo mas pruebas con los moldes y procedimientos desarrollados antes de implementar cambios mayores, tareas que



no se ejecutan dentro de este proyecto debido a la limitada disponibilidad del equipo de inyección y del personal asociado.

Los problemas encontrados han sido estudiados y además acompañados de un listado de problemas potenciales junto con sus posibles soluciones de forma que se demuestra aun más la utilidad de los prototipos construidos. El principal problema encontrado es la falta de rigidez del molde para soportar la presión de inyección y la deformación que ello genera, para lo cual se sugiere reforzar el molde con un marco metálico.

La inyección de prueba permite establecer cuales son los parámetros que deben ser mejorados en el molde, en el proceso y en el producto.

Se incluyen consideraciones ambientales como una evaluación de la reducción del impacto ambiental al pasar de una técnica de molde abierto a una de molde cerrado, además de que se hace una evaluación ambiental del proyecto con lo que se genera una visión de los impactos de este tipo que tiene el proyecto, encontrando cual es la realidad de esa afirmación así como sus limitaciones y las consideraciones que deben tenerse para que se cumpla, encontrando que es crítico asegurar que se mantienen los moldes y recipientes con resinas correctamente sellados durante el mayor tiempo posible para reducir realmente las emisiones de estireno.

Los procedimientos diseñados e implementados han permitido corporificar una serie de productos de acuerdo a las especificaciones, lo que se verifica mediante un proceso intensivo de medición que da como resultado los requerimientos adicionales para una fase de diseño posterior, con lo que se le da cumplimiento a los objetivos para esta fase. Se dejan algunos parámetros pendientes por verificación real, pero se considera que razonablemente se cumplen. No se

ejecutan estas mejoras por salirse del horizonte de tiempo del proyecto y por tanto del alcance.

Se hace también una evaluación general del proyecto respecto a los objetivos encontrando concordancia con la propuesta mediante la identificación de los indicadores de logro de cada uno de los objetivos.

Se concluye finalmente que las premisas establecidas en la propuesta sobre la posibilidad de sintetizar un artefacto técnico como alternativa al problema planteado es verdadera en tanto se presenta un prototipo junto con su evaluación detallada desde el punto de vista técnico.

## 6.5 ESTUDIO DE VIABILIDAD

Partiendo del desarrollo del artefacto técnico, se desarrolla mediante una metodología reconocida para el estudio de alternativas de inversión industrial, un análisis del proyecto, tomándolo como una idea de negocio que se estudia en términos de mercado, técnicos, administrativos y financieros para determinar si su ejecución representa beneficios económicos para los inversionistas.

Se encuentra a través del estudio que es un proyecto pequeño, que requiere una inversión reducida pero que genera beneficios importantes. Además se identifica mediante un estudio de mercado, de fuentes secundarias, que existe un mercado potencial significativo al que accediendo con una cuota pequeña, puede generar ingresos suficientes para satisfacer las necesidades de efectivo del proyecto. Esto se manifiesta mediante indicadores financieros que muestran la viabilidad de llevar a cabo la inversión, dado que se obtiene una rentabilidad positiva, superior a la tasa interna de oportunidad, para los inversionistas.

La demanda del producto se identifica mediante un estudio de mercado que permite definir las variables relativas a la comercialización así como los datos necesarios para definir la capacidad de la planta.

Mediante el estudio detallado del proyecto industrial se identifica una solución que ofrece características mejoradas que deben ser resaltadas al momento de hacer las ventas, de forma que se establece una estrategia de diferenciación del producto a la vez que se mantiene el nivel de precios de la competencia e incluso se supera. Además se consigue establecer los parámetros para segmentar geográficamente el mercado, determinando las plazas mas adecuadas.

Las oportunidades identificadas en el análisis DOFA se ratifican en los estudios posteriores a la vez que se plantean soluciones a las debilidades encontradas.

No se encuentra la necesidad de modificar el producto como resultado del estudio de mercados.

Aunque se presenta finalmente una decisión con base en consideraciones financieras, previamente se han tenido en cuenta otros aspectos relacionados, incluyendo el componente ambiental, de forma que la decisión no se sugiere únicamente en términos monetarios.

Se ha presentado un estudio de factibilidad, con base en un estudio básico inicial (el anteproyecto), que se constituye en el estudio de prefactibilidad en términos de la metodología de la ONUDI. Esto dado que presenta un esbozo general de la idea así como identifica una necesidad potencial.

Se encuentra factible continuar con el proyecto, pero llevando acabo tareas adicionales de verificación relacionadas con el mercado y con el desarrollo del artefacto técnico y del proceso.

## 6.6 CONCLUSIÓN GENERAL

El principal producto material es un prototipo de un medio para almacenar un medidor de gas sintetizado mediante una solución técnica al problema descrito del cual se obtienen suficientes observaciones para sugerir una investigación posterior desde el proceso de diseño. Pero en sí el principal producto, a nivel del artefacto, es el análisis hecho de los resultados en la evaluación junto con las conclusiones de la fase de diseño y a nivel industrial, los resultados del estudio de viabilidad.

El gabinete presentado adquiere mayor importancia en la medida que a nivel local constituye el producto de mayor tamaño manufacturado mediante el proceso de RTM Light, se han inyectado productos de dimensiones algo mayores pero con moldes de procedencia extranjera. Además el diseño del molde se hace a partir de la información general consultada, pero en detalle se logra con base en el desarrollo teórico presentado, por ejemplo con la aproximación para el cálculo del flanche.

Los logros presentados son importantes en la medida que se comprueba la aplicabilidad del proceso identificado, se establece una metodología para sintetizar en forma paramétrica los productos, se establece y se ejecuta una evaluación respecto a los requisitos y se ofrece información para la evaluación del proyecto propuesto a nivel gerencial. Logros que resultan útiles para la empresa dentro de su perspectiva innovadora y para la universidad, en el área de diseño, por el caso de estudio de análisis paramétrico, de materiales compuestos por la aplicación y evaluación de este proceso avanzado y de proyectos como ejemplo de aplicación de la metodología ONUDI.

Se expone la investigación en un documento extenso pero que busca presentar con detalle cada uno de los aspectos desarrollados, cumpliendo los objetivos

dentro del horizonte de tiempo planeado e integrando múltiples áreas de interés de la Ingeniería mecánica.

## 7 RECOMENDACIONES

Los siguientes aspectos se proponen para ser considerados en investigaciones posteriores para la mejora de los resultados de este proyecto o como ideas para nuevos proyectos.

### 7.1 MARCO TEÓRICO

Acceder a normas como:

- AENOR. UNE 23727:1990 Ensayos de reacción al fuego de los materiales de construcción.
- AENOR. UNE 60404-1:2003. Combustibles gaseosos. Conjuntos de regulación de presión y/o medida
- ASTM E162
- ASTM E119
- ASTM E906
- ASTM E84

Las cuales contienen información relativa al tema que no pudo ser consultada por su costo.

Investigar sobre la disposición final del producto y las posibilidades de reciclaje.

Indagar sobre la existencia de exigencias mecánicas sobre el producto de forma que se incorporen pruebas de este tipo a la evaluación.

## 7.2 DISEÑO

Se recomienda seguir el proceso de síntesis mostrado para aplicaciones que requieran otros tipos de gabinetes.

Definir la forma de manufacturar las placas posteriores mediante un proceso más eficiente que la laminación manual, corte y perforación; puede ser posible incorporar esta forma a la pieza principal.

Considerar no hacer el corte para la ventana de lectura pero asegurando que el material que la cubre no pierda la traslucidez.

Considerar el desarrollo del diseño del flanche, de la ubicación de los puntos de inyección, del canal periférico y en general de la superficie complementaria del molde dentro del análisis paramétrico, así como el diseño detallado de la cavidad de inyección considerando parámetros como direcciones de flujo, presiones y tiempos.

Desarrollar un protocolo que permita mantener un mejor control sobre el uso de moldes y herramientas así como el estado de la resina a utilizar y los demás materiales.

Profundizar en la implementación de la metodología del análisis paramétrico para su aplicación en otros tipos de producto para su manufactura mediante el mismo proceso.

Considerar la inclusión de un marco de refuerzo del molde y de carga en la resina de laminación para incrementar su rigidez.

### 7.3 CONSTRUCCIÓN

Considerar las mejoras propuestas en cada uno de los productos para su implementación.

Evaluar la posibilidad de utilizar varias piezas A sobre las cuales se deja curar la pieza, con una sola pieza B.

Diseñar el procedimiento de manejo de varios moldes para producción, de forma que se utilicen óptimamente pero asegurando el cumplimiento de las actividades requeridas.

Revisar la construcción del modelo para facilitar esta tarea, por ejemplo utilizar piezas maquinadas.

Revisar el proceso constructivo para mejorar el acabado superficial y disminuir la adherencia del producto al molde.

Evaluar las diferentes opciones de material de relleno para la conformación de la cavidad entre los moldes, evitando usar materiales que puedan absorber la resina o deformarse durante la cura, modificando las dimensiones y el acabado.

Mejorar las condiciones del área donde se apoya el empaque de ala para mejorar haciendo la superficie más amplia, mas uniforme y con cambios de dirección más suaves.

Utilizar el núcleo rígido dentro del empaque de ala para mejorar el sello.

Considerar la utilización de empaques dinámicos (para el hongo) que incorporan un canal interior que se somete a presión incrementando el sellado.



Revisar el detalle de zonas delgadas y ricas en resina que resultan frágiles en piezas y moldes.

#### 7.4 EVALUACIÓN TÉCNICA

Profundizar la evaluación del comportamiento a la llama del material y evaluar la aplicabilidad de las resinas retardantes al fuego como la Palatal S510 al proceso de inyección RTM Light. Evaluar la generación de gases de combustión.

Realizar pruebas sobre el efecto de las condiciones ambientales en el material a mediano y largo plazo, así como de resistencia química y desgaste.

Acceder a un laboratorio de pruebas certificado con un protocolo para la aplicación donde se pueda someter el producto a pruebas especializadas. EPM posee un laboratorio para equipo relacionado con la red de gas.

Evaluar la duración de los desmoldantes y la forma de optimizar su aplicación y resistencia.

Evaluar la estabilidad de la preforma en el molde al cerrar debido a la forma y considerar formas de evitar su movimiento.

Aumentar el conocimiento del proceso de curado mediante la adición de elementos como termocuplas (POTTER, 1997) o implementando métodos nuevos como el monitoreo dieléctrico del curado (HPC, 2006)

#### 7.5 ESTUDIO DE VIABILIDAD

En cuanto al estudio de mercado se requiere hacer una verificación en forma primaria de la demanda, verificando no solo la demanda sino la disposición real de adquirir el producto una vez se haya certificado por la entidad correspondiente.

Se requiere profundizar en el aspecto administrativo y legal.

Definir las variables en forma detallada a nivel de producción agregada.

Identificar las necesidades de personal, capacitación, know how adicionales y las fuentes de financiación para mejorar el detalle de los presupuestos y por ende de las predicciones.

Realizar la evaluación legal que se omite en este estudio así como complementar la evaluación administrativa.

## 7.6 RECOMENDACIÓN GENERAL

Se recomienda continuar con la investigación para profundizar en los aspectos sugeridos de forma que se incremente la información para decidir sobre la ejecución, esto con base en las predicciones satisfactorias hasta ahora presentadas.

Desde su concepción se establece una aplicación directa de los resultados en la industria, pero se extiende esta idea al hacer el estudio a nivel de proyecto industrial. Se sugiere considerar las herramientas expuestas, con orígenes en múltiples áreas del conocimiento que se han trabajado en forma secuencial dentro del desarrollo presentado, para otros desarrollos dentro del campo tecnológico trabajado.

## BIBLIOGRAFÍA

ALLIED MOULDED PRODUCTS. Enclosures Home Page. [Internet]. <http://enclosures.alliedmoulded.com/index.cfm>. Editor: Allied Moulded Products, Inc. [Octubre de 2006]. Acceso libre.

ANDERCOL. Moldeo Cerrado RTM Light. Diseño de moldes y técnicas de elaboración de productos. [Memorias de curso]. Agosto 23 y 24 de 2005. Editor: Andercol S.A.

AVNER, Sydney. Introducción a la metalurgia física. México. Mcgraw-Hill, 1981. Centro de estudios sociológicos. ISBN 9686046011.

BACA CURREA, Guillermo. Evaluación Financiera de Proyectos. Editor: Alvaro Toledo. Fondo educativo Panamericano. 2004. ISBN 958-94-8929-X.

BANREP. Clasificación Industrial Internacional Uniforme, Revisión 3, Adaptada para Colombia. (CIIU Rev. 3 A.C.).[Internet]. [www.banrep.gov.co/estad/dsbb/ctanal1sr.htm](http://www.banrep.gov.co/estad/dsbb/ctanal1sr.htm). Editor: Banco de la Republica de Colombia. [Octubre de 2006]. Acceso libre.

BASF. Resinas Poliéster y epoxi viniléster. Boletín de información de productos. [Internet]. [http://www.basf.cl/palatal/productos/cont\\_iso.html](http://www.basf.cl/palatal/productos/cont_iso.html). Editor: BASF Chile S.A. fecha de publicación [Octubre de 2006]. Acceso libre.

BEHRENS, W. HAWRANEK, P M . Manual para la preparación de estudios de viabilidad industrial. Viena. ONUDI, 1994. ISBN 9213061668.

BRIGHAM, Eugene F. Houston, Joel. Fundamentos de administración financiera. 10 ed. Mexico : thomson, 2005. ( mcgraw-hill series in finance ). ISBN 9706864318.

CORAZZA, Ismael. Saint gobain vetrotex. Procesos de moldeo por transferencia de resina RTM Light, Processos de moldagem por transferência. Brazil 2005. ISBN No disponible. Boletín de información comercial. [www.saint-gobain-vetrotex.com.br](http://www.saint-gobain-vetrotex.com.br)

CREAX. Innovation Suite. [Internet]. [<http://function.creax.com/>]: Publicador, fecha de publicación, fecha de actualización/revisión [Fecha de la cita]. Serie. Notas. Disponibilidad y acceso.

DE BARROS, Ederson Giovannetti. CROMITEC. Plastico Reforçado con fibras de vidrio. Dep. Técnico de Cromitec. Boletín de información comercial. [www.cromitec.br](http://www.cromitec.br)

EPM. Guía para el diseño de redes de Gas. Empresas Públicas de Medellín ESP. [Internet].  
<http://www.epppm.com/instaladores/guia%20diseño%20redes%20gas.doc>. 2003  
Editor: Empresas Públicas de Medellín. [Marzo de 2006]. Acceso Libre.

EPM. Sistema de distribución de gas natural. Empresas Públicas de Medellín ESP. [Documento de power point en oficina de gas natural de empresas Públicas de Medellín E.S.P.].2004. Editor: Empresas Públicas de Medellín. [Marzo de 2004]. Acceso limitado.

FEDESARROLLO. Proyecciones Macroeconómicas de Mediano Plazo para Colombia. Workshop Cénarios macroeconómicos para America Latina. Abril 1 de 2005. [Internet].

[http://www.fedesarrollo.org:82/mcardenas/docs/recent\\_presentations/colombian\\_macro\\_conditions/2005/Abril\\_2005.pdf](http://www.fedesarrollo.org:82/mcardenas/docs/recent_presentations/colombian_macro_conditions/2005/Abril_2005.pdf). [Octubre de 2006]. Acceso libre.

FONG, Lihwa. ADVANI, S.G. Resin Transfer Molding. Handbook of composites. Segunda edición. Editorial Chapman & Hall. Londres. Inglaterra. 1998. pp433-454 ISBN 0 412 54020 7.

FOSTER, George M y HORNGREN, Charles T . Contabilidad de costos un enfoque gerencial. 8 ed. MEXICO : PRENTICE-HALL, 1996. 970p. ( MCGRAW-HILL COLLEGE CUSTOM SERIES ). ISBN 9688805025.

FRAUNHOFER-IESE. Glossary. [INTERNET].  
[<http://www.iese.fhg.de/Publications/book/Guides/glossary/index.html>]: Publicador, 18.03.2002, [Citado 31/08.2006]. Disponible para consulta libre.

GRESWELL. Guía de preguntas y respuestas sobre recubrimientos electrostáticos en polvo. [INTERNET].  
<http://www.maquinaria.cl/curso1.htm>. [Julio de 2006]. Acceso libre.

HANSEN, Claus. ANDREASEN, Mogens. A proposal for an enhanced design concept understanding. International conference on engineering design.

HANSEN, Claus. ANDREASEN, Mogens. On the content of a product idea. International conference on engineering design.

HPC. Monitoring the cure itself Latest technologies measure the the matrix resin`s actual cure state. En: High performance Composites. Vol 14, #5, Septiembre de 2006; pag 38-41. [www.compositesWorld.com](http://www.compositesWorld.com).

INDELEC. Composite Boxes. Grupo Indelec España. [Internet]. [http://www.indelec.com/indelecES/index.php4?dirC=&fileC=affiche\\_fiche.php4&clef=020020007](http://www.indelec.com/indelecES/index.php4?dirC=&fileC=affiche_fiche.php4&clef=020020007). Editor Grupo Indelec. [Marzo de 2006]. Acceso libre.

KROLL, Ehud. Innovative conceptual design. Cambridge University Press. Cambridge, UK. 1997. ISBN: 0511034164

LLOYD, Thomas. Fire extinguisher cabinet with sealing means. United States Patent. [Internet]. 1989. <http://patft.uspto.gov/netacgi/nph-Parser?Sect1=PTO2&Sect2=HITOFF&p=1&u=%2Fnetahtml%2FPTO%2Fsearchbool.html&r=8&f=G&l=50&co1=AND&d=PTXT&s1=4998587&OS=4998587&RS=4998587> [Marzo 3 de 2006]. Acceso Libre.

MINNESOTA, 2006 MINNESOTA TECHNICAL ASSISTANCE PROGRAM. Fiber Reinforced Plastics Shop Implements Light RTM to Produce Parts. [INTERNET]. <http://mntap.umn.edu/fiber/41-Phoenix.htm>. [Marzo 3 de 2006]. Acceso Libre.

MIRAVETE, Antonio, Materiales Compuestos, Zaragoza, España. 2000. ISBN 8492134976.

MUSSETI, Ezio. Fabricação de moldes e modelos. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO PLASTICO REFORÇADO. 2001. Boletín de información comercial.

PDS, Documentos de clase de diseño Metódico, ID038. 2005. Profesor Santiago Bravo.

PINTUCO. Detalles de anticorrosivo pintucoat Roja. [Internet]. Distribuidora Pintuco. <http://www.distribuidorapintuco.com/tools/industdet.asp?Id=18>. [Julio de 2006]. Acceso libre.

POTTER, Kevin. "Resin Transfer Molding". Department of Aerospace Engineering. University of Bristol. Chapman & Hall. 1997. ISBN 0 412 72570 3

SAVRANSKY, Semyon. Engineering of creativity, Introduction of TRIZ methodology for inventive problem solving. CRC Press. 2001. USA. ISBN 0-8493-2255-3

SCOTT BADDER. Composite Fault Finder. [Internet]. Editor: Scott Bader Uk. [http://www.scottbader.com/pub.nsf/content/uk\\_comp\\_faultfinder\\_overview+page](http://www.scottbader.com/pub.nsf/content/uk_comp_faultfinder_overview+page). [Septiembre de 2006]. Acceso libre.

SUÁREZ, José Iván. Resinas Poliéster. [Curso Presencial]. BASF Química Colombiana. Ing. Químico José Iván Suárez. [Mayo a Julio de 2006].

THOMAS Products. Fiberglass Cabinets & Fiberglass Storage Catalog. Thomas Products. [INTERNET]. [http://www.thomasproducts.com/fiberglass\\_cabinets.shtml](http://www.thomasproducts.com/fiberglass_cabinets.shtml). [Marzo de 2006]. Acceso Libre.

UNISTATES, Glossary of RTM terms. [Internet] <http://unistates.com/rmt/explained/glossary/rmtglossaryb.html>. [Julio de 2006]. Acceso Libre.

VICENTE-GOMILA José. M. How TRIZ demonstrates again that research by trial and error can be very costly. Triz XXI, S.L.P.O.Box 12122; E- 46080; Valencia Spain vicente@triz.net

WOODWORKS. Wood cutting optimization software. [Software].  
<http://www.downloadsofts.com/download/Business/Project-Management/Cut-Optimization-WoodWorks-download-details.html>. Acceso libre.

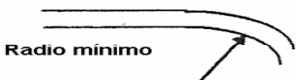


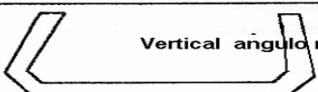
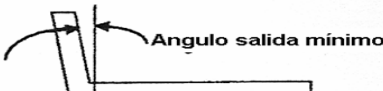


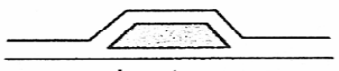

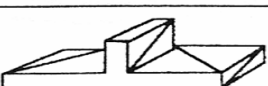


## ANEXOS

El siguiente es el listado de anexos presentados:

Anexo A. Resumen de características para el molde.	231
Anexo B.	232
Anexo C. Procedimiento de manufactura del molde.	234
Anexo D. Listado extendido de requerimientos de diseño.	238
Anexo E. Procedimiento de evaluación de moldes, prototipos y proceso.	243
Anexo F. Procedimiento de evaluación del producto respecto a la aplicación y formato de registro.	251
Anexo G. Lista de chequeo del proceso.	254
Anexo H. Lista de solución de problemas.	257
Anexo I. Informe prueba de comportamiento a la llama según UL94.	259
Anexo J. Fichas de resultados de la evaluación.	268
Anexo K. Planos para manufactura.	269

## Anexo A. Resumen de características para el molde.

	5mm
	Permitidos en plano perpendicular al de desmolde
	Si con precorte del refuerzo
	No posible
	5°
	1.5-20mm
	Simples
	Posibles
	No recomendable
	No recomendable
<b>TOLERÂNCIAS</b>	0.1-0.3%
<b>ASPECTOS DE SUPERFÍCIE</b>	2 caras lisas.

MUSSETI, 2003

## Anexo B.

Tabla 1. Identificación variables diseño de piezas y moldes.

Elemento	Variable	Subvariables relacionadas
Pieza	Material (Resina y refuerzo)	Porcentaje, tipo, disposición, Preformado del refuerzo, adhesivos.
	Geometría	Forma y espesor del laminado
	Accesorios	Cantidad, ubicación, sujeción.
Molde	Forma	Inyección, apertura, número de partes, alineación de las partes.
	Espesor	
	Superficie	Acabado, resistencia química y térmica
	Punto de inyección	Ubicación
	Punto de vacío	Ubicación, porcentaje respecto al máximo
	Cierre	Dimensiones del canal, empaques, puertos de conexión, fuerza de cierre, presión máxima de vacío disponible.

	Apertura	Forma, fuerza, manipulación del molde
Proceso	Cura	% catalizador, % acelerador
	Inyección	%estireno para bajar viscosidad, presión de inyección, % vacío
	Desmoldeo	Agente desmoldante

(MOSSETI, 2005), (MIRAVETE, 2001)

## Anexo C. Procedimiento de manufactura del molde.

### 1. GABINETE

#### Molde exterior

##### 1.1. Preparación del modelo

- Fijar modelo y superficie base (lámina plana de hardboard sobre base rígida).
- Pulir superficie hasta pasta pulidora
- Limpiar quitado grasa y residuos de la pasta
- Aplicar Cera: 8 capas (aplica, seca, pule).
- Aplicar APV 1 capa por aspersión.
- Preparar superficie del flanche de vacío y aplicar desmoldante (2 capas de cera)

##### 1.2. Aplicación gelcoat

###### 1. Preparación GC transparente: 3kg %

- |                         |      |      |   |
|-------------------------|------|------|---|
| - Resina XLC01          | 100% | 3000 |   |
| - Cobalto               | 0.2  | 6    |   |
| - BYKA555 Antiespumante | 0.05 | 1.5  | Se agregan juntos                         |
| - Tinuvin               | 0.05 | 1.5  | Se agrega ligeramente diluido en estireno |
| - Cabosil               | 1.5  | 45   |   |

Pigmento -NO- 0

Estireno 5-10% 150-300gr

Viscosidad 3000-4500cps 3500

- Tixotropía: 4.5 4.0

- GT 12-18 min.

Aplicación: Mekp 1.6%, Espesor 0.4-0.6mm

- 1º Capa, esperar gelado 30min (cuando ya no moje)
- 2º Capa Dejar curar 2 horas

### 1.3. Laminación

2. Masillar bordes fuertes (cavidades difíciles de reforzar con la tela) según la siguiente preparación:

- Cop4 100%
- Carbonato 15%
- Cabosil 4%
- Fibra de vidrio 1% roving picado ¼"
- Cobalto (octoato) 0.2%
- Mekp 2% peso total masilla

### 2. Estratificado: Resina COP4

Co 0.15%

Mekp 1.1%

3. 1º Mat 450
4. 2º Mat 450
5. 3º WR 800
6. 4º Mat 450
7. 5º WR 800
8. 6º Mat 450
9. 7º WR 800
10. 8º Mat 450

(Top coat con parafina) (Solución 5% parafina 100% estireno agregada como 10% de la resina)

Después de la última capa dejar curar (24 ) horas antes de desmoldar. Aplicar mayor refuerzo en la periferia para evitar arqueamiento.

1.4. Desmoldar

1.5. Corregir defectos y Pulir bordes y rebabas

1.6. Aplicar cera calibrada de 2mm en la superficie del gabinete hasta quedar plano contra superficie base del molde.

Calentar para dar brillo y emparejar bordes (70°C)

Aplicar cera delgada en superficie del punto de vacío para generar canal.

Molde Interior

1.7. Fijar preforma del flanche de vacío

1.8. Aplicar Gelcoat Rojo Mek p 1.5%

1° Capa esperar 20 min.

2° Capa esperar 2 horas

11. Masillar bordes fuertes (cavidades difíciles de reforzar con la tela)

12. Laminación

Resina COP4 Co0.15 Mek 1.1

13. 1° Mat 450

14. 2° Mat 450

15. 3° WR 800

16. 4° Mat 450

Después de la última capa dejar curar (24 ) horas antes de desmoldar. Aplicar mayor refuerzo en la periferia para evitar arqueamiento.

Antes de abrir el molde se perfora en las 4 esquinas agujeros pasantes y se instala sobre la pieza B los bujes alineadores. Se inserta un tornillo en cada agujero para mantener la alineación hasta que cure.

1.9. Desmoldar: Retirar los tornillos guía e insertar cuñas de madera con un ángulo de 20° (3-4 por cada lado). Se insertan gradualmente haciendo un recorrido por la periferia hasta que se abre el molde.

1.10. Pulir rebabas y corregir defectos

1.11. Perforar, del gel coat hacia afuera punto de inyección, punto de vacío canal y punto de vacío cavidad.

1.12. Instalar boquillas (3) y manilares con masilla y tejido de refuerzo.

1.13. Instalar empaques (2) con adhesivo para caucho el de ala y con silicona el de hongo.

Puerta

2.1. Aplicar gel coat transparente 1.5% mekp

2.2. Masillar bordes fuertes

2.3. Laminación

Resina COP4 Co0.15 Mek 1.1%

17. 1º Mat 450

18. 2º Mat 450

19. 3º WR 800

20. 4º Mat 450

Después de la última capa dejar curar (24 ) horas antes de desmoldar. Aplicar mayor refuerzo en la periferia para evitar arqueamiento.

2.4. Dar acabado a bordes y rebabas, corregir defectos

2.5. Perforar punto Vacuum Pot

2.6. Instalar boquilla

2.7. Instalar Manilares

2.8. Instalar Empaques

Verificar la estanqueidad del molde conectándolo al sistema de vacío, no debe sentirse flujo de aire por el conector del flanche. Al conectar el vacío del flanche debe observarse que el molde se comprime más. Se tapa un momento el punto de inyección y el vacío de la cavidad para que logre un buen sellado y se suelta. No debe sentirse que ingresa aire por este punto. En caso de que alguno de los empaques no selle bien, debe corregirse antes de inyectar.

Instalación conectores: Se perfora desde el gelcoat hacia fuera el agujero, se inserta una varilla con desmoldante y se sujeta por el lado del gelcoat. Se dispone el conector sobre la varilla de forma que esta lo mantiene en el punto deseado. Se aplica fibra picada (1”) con resina de forma que se crea un anillo alrededor del conector para sujetarlo.

Instalación manilares: Se dispone la tabla de madera en la posición deseada sobre una capa de refuerzo humectada en resina que aun no ha curado. Se aplica refuerzo sobre la tabla y se deja curar. Se instalan los tubos sobre la tabla con refuerzo en diferentes direcciones de forma que se crea una unión muy fuerte.



Anexo D. Listado extendido de requerimientos de diseño.

Listado extendido de requisitos de diseño para la aplicación	
Característica principal	Valor
Necesidades de mercado	Debe presentarse un medio para almacenar un medidor de gas en el dominio de uso descrito.
Asuntos de diseño	Una solución técnica al problema descrito debe sintetizarse. Solución técnica significa físicamente posible, técnicamente posible (correspondiente a los recursos, la habilidad técnica y científica disponible en el lugar y tiempo), y económicamente viable.
Geometría	<p>El tamaño exterior es 40cm de alto, 40cm de ancho y 16cm de profundidad.</p> <p>El espacio interior será suficiente para alojar un medidor de gas y llevar a cabo labores de mantenimiento e instalación (volumen mayor que 37x37x13cm).</p>
Cinemática	Debe haber un posible movimiento relativo entre la puerta y el marco dejando el frente del gabinete libre en caso de abrir la puerta.
Estática	<p>Se proveerá un medio para impedir el movimiento relativo gabinete – pared.</p> <p>Un mecanismo de bloqueo impedirá que se abra la puerta durante el uso por personal no autorizado.</p>
Energía	<p>La estructura soportará los efectos de la llama según UL94 La puerta permitirá la entrada y salida de aire</p> <p>En caso de fuga el gabinete no acumulará presión en su interior, el gas evacuará naturalmente.</p> <p>La temperatura exterior puede alcanzar los 50° C sin afectar el gabinete.</p>

Material	<p>El material no se corroerá bajo el efecto de la humedad ambiental.</p> <p>El material no se degradará con la luz solar o con la presencia de gas natural.</p> <p>El material mantendrá su forma y apariencia (color y textura) a lo largo de la vida útil de 20 años.</p> <p>El material resistirá agentes de limpieza de uso casero.</p> <p>Las materias primas incluirán resina termoestable y fibra de vidrio de refuerzo principalmente (suma mayor a 90 % en volumen). Pueden utilizarse otros materiales en menor proporción como tornillos.</p> <p>Al manufacturarse el material será un compuesto (plástico reforzado con fibra de vidrio).</p>
Información	<p>Una señal que indique la presencia de gas y prohíba fumar será visible desde 2m de distancia.</p> <p>Se dispondrá de un medio para instalar un sello de cierre de seguridad, el sello deberá romperse para abrir el gabinete.</p>
Ergonomía	<p>El gabinete podrá abrirse por una persona autorizada usando una llave.</p> <p>La puerta permitirá que el valor de consumo se lea sin necesidad de abrir la puerta y que la luz exterior entre para permitir la lectura.</p> <p>El gabinete no presentará peligro para las personas cercanas (sin bordes filosos).</p> <p>Un trabajador podrá instalar un medidor en el interior del gabinete abriendo la puerta.</p>
Producción y control de la producción	<p>Las partes principales (marco y puerta) se manufacturarán por RTM Light.</p> <p>Los tiempos de gel y de cura de la resina se definirán para que la cavidad del molde se haya llenado completamente cuando está aun en estado líquido.</p>

	<p>La forma el molde permitirá que se separen las 2 mitades luego de que la resina se ha inyectado y ha curado y que se separe la pieza de la mitad del molde donde queda después de la separación.</p> <p>La superficie del molde será brillante para que el producto también brille.</p> <p>El radio de curvatura de los bordes del gabinete será mayor a 5mm para evitar puntos donde exista resina sin refuerzo.</p> <p>El molde tendrá un ángulo de salida adecuado, eso es que todas las paredes paralelas al eje de apertura tendrán un ángulo de +2° respecto a ese eje para que la pieza pueda extraerse y no se adhiera al molde durante el curado.</p> <p>No habrá ángulos negativos en las caras paralelas al eje de apertura del molde.</p> <p>El espesor del gabinete estará entre 1.5 y 20mm.</p> <p>La tolerancia dimensional es del 2% en dimensiones exteriores.</p> <p>Los desperdicios del proceso no excederán 10% del peso de los materiales utilizados.</p>
Transporte e instalación	<p>Durante el transporte pueden apilarse hasta 10 gabinetes.</p>
Uso y mantenimiento	<p>El gabinete se instalará embebido o sobrepuesto en una pared.</p> <p>El gabinete pesará menos de 3kg.</p> <p>No requerirá mantenimiento adicional a limpieza de la superficie y remoción de contaminantes del interior. No requerirá pintura durante el proceso ni después en condiciones normales.</p>

	<p>Será posible leer el medidor sin abrir la puerta.</p> <p>Las condiciones normales de uso son: luz solar directa, gotas indirectas de agua, aire atmosférico, concreto rodeando el gabinete, limpieza exterior regular con agentes de limpieza suaves.</p>
Costos	<p>El costo de los materiales no excederá 25000 \$col.</p> <p>El costo de las herramientas no excederá el de 100 gabinetes</p>
Horizonte de tiempo	El diseño no tomará más de 3 semanas (síntesis del concepto).
Vida en servicio	La vida útil física será de al menos 20 años bajo condiciones normales.
Competencia	El costo de los gabinetes no excederá el de los actuales en más del 25%
Cliente	<p>El cliente será cualquiera que requiera un medio para alojar un medidor de gas en uso.</p> <p>Aunque el diseño apunta a medidores de gas, debe ser escalable a otros tipos de gabinetes (por ejemplo para equipo sensible o materiales que deban protegerse del fuego).</p>
Calidad	Se desarrollará un protocolo de verificación de calidad más adelante para evaluar el prototipo respecto a los requerimientos y para evaluar los productos respecto al diseño.
Disposición final	El producto podrá disponerse sin peligro en un relleno sanitario. Se desea que sea posible una forma de reciclaje.

## Anexo E. Procedimiento de evaluación de moldes, prototipos y proceso.

Las siguientes tablas presentan el procedimiento y los formatos para el registro de la evaluación.

Tabla 2. Procedimiento evaluación del molde.

Protocolo evaluación de calidad respecto a la tecnología				
Procedimiento de ejecución del chequeo de calidad				
Moldes gabinete y puerta para medidores de gas				
Objeto	medidores de gas		Fecha	3.09.2006
Versión	1.0	Responsable Andrés Hernández		
Procedimiento: Verificar una a una las características especificadas de la parte, verificando lo establecido en "Valor medido" para compararlo con el "Criterio de aceptación". Los resultados de cada característica se registran en la hoja resultados de chequeo de calidad.				
Frecuencia: con el primer uso del molde y cada que se haga una modificación.				
Aspecto	Característica	Criterio de aceptación	Valor medido	Medida correctiva
Superficial	Dureza	> 25 Barcol	Medir la dureza Barcol.	NA
	Brillo y uniformidad	Presentes	presente zonas sin brillo, perforaciones, poros ni resaltos.	Pulir y brillar
	Exterior sin aristas peligrosas	Presente	Verificar la superficie exterior, que sea uniforme y que no presente bordes cortantes.	Pulir
Geometría	Largo	870mm	Medir la dimensión especificada.	NA
	Ancho	870mm		NA
	Alto	180mm		NA
	Espesor	10-15mm		NA
	Profundidad de la cavidad	160mm		NA
	Largo y ancho de la cavidad	400mm+/-2		NA
Forma	Número de partes del molde	2 del gabinete y 2 de la puerta	Verificar cantidad de piezas en PRFV del molde	Suspender hasta completar las partes
	Guías de alineación	4 presentes	Contar las guías de alineación	Completarlas
	Radios entre aristas mayores a 5mm	Presente	Medir los radios de curvatura entre las aristas del molde	NA
Punto de inyección	Presente y despejado	Presente	Verificar que se ha instalado un punto de inyección, que se encuentra marcado y que no esta obstruído.	Agregarlo o limpiarlo
Punto de vacío cavidad	Presente y despejado	Presente	Verificar que se ha instalado un punto de vacío, que se encuentra marcado y que no esta obstruído.	Agregarlo o limpiarlo

Protocolo evaluación de calidad respecto a la tecnología				
Procedimiento de ejecución del chequeo de calidad				
Objeto	Moldes gabinete y puerta para medidores de gas		Fecha	3.09.2006
Versión	1.0		Responsable	Andrés Hernández
Canal de vacío	Dimensión mínima	120mm	Medir la dimensión.	NA
	Empaques primario y secundario	Presentes	Verificar que se han instalado los empaques primario y secundario.	Agregarlos
	Junta de apoyo plano del molde	Presente	Verificar que el molde incluye un perfil continuo, plano para acentar sobre el	NA
	presdente y despejado	Presente	Se ha instalado un punto para conectar el vacío del flanche	Agregarlo o limpiarlo
Presión de inyección	Marcada	Presente 40psi	Se ha marcado la presión máxima de inyección	Marcarla
Apertura	Angulo de desmoldeo	>2°	Existe un ángulo de salida en la dirección de apertura	NA
	Manilares	Instalados	Se han instalado manilares para abrir y manipular el molde.	Agregarlos
	Angulos negativos	Presente	No hay ángulos negativos en la dirección de salida	NA
Inyección	Canal de inyección	Presente	El canal esta completo y limpio.	NA

Tabla 3. Formato registro evaluación molde.

Lista de chequeo de calidad					
Resultados del chequeo de calidad					
Objeto	Moldes gabinete y puerta para		Fecha	3.09.2006	
Versión	1.0		Responsable	Andrés Hernández	
Procedimiento: Verificar una a una las características especificadas de la parte, verificando de acuerdo al procedimiento establecido el "Valor medido" para compararlo con el "Criterio de aceptación". Los resultados de cada característica se registran en esta hoja. NO dejar espacios en blanco ni tachar.					
Aspecto	Característica	Criterio de aceptación	Valor medido	Aceptado (SI - NO)	Medida tomada o NA
Superficial	Dureza	> 25 Barcol			
	Brillo y uniformidad	Presentes			
	Exterior sin aristas peligrosas	Presente			
Geometría	Largo	870mm			
	Ancho	870mm			
	Alto	180mm			
	Espesor	10-15mm			
	Profundidad de la cavidad	160mm			
	Largo y ancho de la cavidad	400mm+/-2			
Forma	Número de partes del molde	2 del gabinete y 2 de la puerta			
	Guías de alineación	4 presentes			
	Radios entre aristas mayores a 5mm	Presente			
Punto de inyección	Presente y despejado	Presente			
Punto de vacío	Presente y despejado	Presente			
Canal de vacío	Dimensión mínima	120mm			
	Empaques primario y secundario	Presentes			
	Junta de apoyo plano del molde	Presente			
	Punto de conexión presente y despejado	Presente			
Presión de inyección	Marcada	Presente 40psi			
Apertura	Angulo de desmoldeo	>2°			
	Manilares	Instalados			
	Angulos negativos	Presente			
Inyección	Canal de inyección	Presente			
	Angulos negativos				

Tabla 4. Procedimiento evaluación gabinete respecto a la tecnología.

Protocolo evaluación de calidad respecto a la tecnología				
Procedimiento de ejecución del chequeo de calidad				
Objeto	Gabinete y puerta para medidores de gas		Fecha	3.09.2006
Versión	1.0		Responsable	Andrés Hernández
Procedimiento: Verificar una a una las características especificadas de la parte, verificando lo establecido en "Valor medido" para compararlo con el "Criterio de aceptación". Los resultados de cada característica se registran en la hoja resultados de chequeo de calidad.				
Aspecto	Característica	Criterio de aceptación	Valor medido	Medida correctiva
Material	Resina	Presente	Es P981 con acelerante oct Co y Cat Mekp	Rechazar
	Refuerzo	Presente	Mat de hilos picados de 450gr/m2	Rechazar
Apariencia	Zonas secas o llenado incompleto	Ausentes	Existen zonas que no han sido impregnadas por la resina.	Rechazar
	Burbujas	Ausentes	Existen burbujas de aire en la pieza	Rechazar
	Poros	Ausentes	Se observan poros en la superficie.	Rechazar
	Bordes uniformes	Presentes	Los bordes son uniformes o presentan cambios fuertes	Rechazar
	Rebabas	Ausentes	Existen rebabas	Remover
	Ampollas	Ausentes	Existen ampollas en la superficie de la pieza	Rechazar
	Color no uniforme	Ausente	Es uniforme el color en la	Rechazar
	Grietas en estrella	Ausentes	Existen grietas en forma de estrella en la pieza	Evitar golpear el molde durante el desmoldeo
	Delaminacion	Ausente	Existen zonas de la pieza que presentan separación entre la fibra y la resina (es diferente a las zonas secas).	Rechazar
	Superficie opaca	Ausente	La superficie presenta zonas opacas	Rechazar
	Marcacion de la fibra	Ausente	Se presenta marcación de la fibra sobre el gel coat	Rechazar
	Desprendimiento del gelcoat	Ausente	Hay zonas del gelcoat separadas de la pieza	Rechazar
	Arrugas	Ausentes	El gel coat presenta arrugas	Rechazar
	Superficie tactosa	Ausente	Existen zonas donde la superficie no ha curado correctamente y se siente tactosa	Rechazar
	Resina no curada	Ausente	Hay zonas de la pieza en las cuales la resina esta aun líquida	Rechazar
	Pieza muy flexible	Ausente	Hay zonas de la pieza que no presentan rigidez	Rechazar



Protocolo evaluación de calidad respecto a la tecnología				
Procedimiento de ejecución del chequeo de calidad				
Objeto	Gabinete y puerta para medidores	Fecha	3.09.2006	
Versión	1.0	Responsable	Andrés Hernández	
Aspecto	Característica	Criterio de aceptación	Valor medido	Medida correctiva
	Desmoldeo difícil	Ausente	Hay zonas donde fue difícil	Rechazar
	Cierre del molde difícil	Ausente	El cerrado del molde represento dificultad, se arrugó la preforma.	Rechazar
	Zonas ricas en resina o sin refuerzo	Ausentes	Existen zonas en las que no hay presencia de refuerzo	Rechazar
	Cura inconsistente	Ausente	Hay una combinación de zonas	Rechazar
	Espesor inconsistente	Ausente	El espesor de la pieza es uniforme sin cambios fuertes.	se esta deeformando el molde
	Parte dañada en el desmoldeo	Ausente	Se ha producido daño en la pieza durante el desmoldeo,	
Geometria	Longitud	40mm	Medir la dimensión y verificar si esta dentro de una tolerancia de +/-2mm del criterio.	Rechazar
	Altura	160mm		Rechazar
	Espesor	2 (+/-0,5mm)		Rechazar
	Ángulos rectos	90°+/-1°		Rechazar
Dureza	Dureza barcol	>25	Medir la dureza barcol	Rechazar
Accesorios	Puerta	Presente	Acienta correctamente sobre el	Rechazar
	Tornillos puerta (2)	Presente	Pueden fijarse	Perforar y fijar
	Correillas puerta (2)	Presente	Pueden fijarse	Perforar y fijar

Tabla 5. Formato registro evaluación de gabinetes respecto a la tecnología.

Lista de chequeo de calidad					
Resultados del chequeo de calidad					
Gabinete y puerta para medidores de gas					
Objeto	gas	Fecha	3.09.2006		
Versión	1.0	Responsable	Andrés Hernández		
Fecha ejecución(DD.MM.AAAA)			Ejecutado por		
Procedimiento: Verificar una a una las características especificadas de la parte, verificando de acuerdo al procedimiento establecido el "Valor medido" para compararlo con el "Criterio de aceptación". Los resultados de cada característica se registran en esta hoja. NO dejar espacios en blanco ni tachar.					
Aspecto	Característica	Criterio de aceptación	Valor medido	Aceptado (SI -NO)	Medida tomada (o NA)
Material	Resina	Presente			
	Refuerzo	Presente			
Apariencia	Zonas secas o llenado incompleto	Ausentes			
	Burbujas	Ausentes			
	Poros	Ausentes			
	Bordes uniformes	Presentes			
	Rebabas	Ausentes			
	Ampollas	Ausentes			
	Color no uniforme	Ausente			
	Grietas en estrella	Ausentes			
	Delaminacion	Ausente			
	Superficie opaca	Ausente			
	Marcacion de la fibra	Ausente			
	Desprendimiento del gelcoat	Ausente			
	Arrugas	Ausentes			
	Superficie tactosa	Ausente			
	Resina no curada	Ausente			
	Pieza muy flexible	Ausente			
	Desmoldeo difícil	Ausente			
	Cierre del molde difícil	Ausente			
	Zonas ricas en resina o sin refuerzo	Ausentes			
	Cura inconsistente	Ausente			
	Espesor inconsistente	Ausente			
	Parte dañada en el desmoldeo	Ausente			
Geometria	Longitud	40mm			
	Altura	160mm			
	Espesor	2 (+/-0,5mm)			
	Angulos rectos	90°+/-1°			
Dureza	Dureza barcol	>25			
Accesorios	Puerta	Presente			
	Tornillos puerta (2)	Presente			
	Correillas puerta (2)	Presente			

Tabla 6. Procedimiento evaluación proceso de producción.

Protocolo evaluación de calidad respecto a la tecnología				
Procedimiento de ejecución del chequeo de calidad				
Procedimiento manufactura gabinetes				
Objeto	para medidores de gas	Fecha	3.09.2006	
Versión	1.0	Responsable	Andrés Hernández	
Procedimiento:				
Verificar una a una las características especificadas de la parte, verificando lo establecido en "Valor medido" para compararlo con el "Criterio de aceptación". Los resultados de cada característica se registran en la hoja resultados de chequeo de calidad.				
Frecuencia: En cada lote de producción.				
Aspecto	Característica	Criterio de aceptación	Valor medido	Medida correctiva
Preparación	Brillo y uniformidad	Presentes	Verificar que la superficie de inyección no presente zonas sin	Rechazar molde
	Número de partes del molde	2 del gabinete y 2 de la puerta	Verificar cantidad de piezas en PRFV del molde	Suspender hasta completar
	Guías de alineación	4 presentes	Contar las guías de alineación	Completarlas
	Punto de inyección	Presente y despejado	Verificar que se ha instalado u, que se encuentra marcado y que no esta obstruido.	Limpiarlo o rechazar molde
	Punto de vacío cavidad	Presente y despejado	Verificar que se ha instalado , que se encuentra marcado y que no esta obstruido.	Limpiarlo o rechazar molde
	Empaques primario y secundario	Presentes, limpios y adheridos	Verificar que se han instalado los empaques primario y secundario.	Limpiarlos o rechazar molde.
	Punto de conexión Vacío flanche	Presente y despejado	Se ha instalado un punto para conectar el vacío del flanche.	Limpiarlo o rechazar molde
	Manilares	Instalados	Se han instalado manilares para abrir y manipular el molde.	Agregarlos
	Preforma	Presente y alineada	Preforma insertada según planos	Agregarla
Desmoldeo	Desmoldante	Presente	Se ha aplicado un agente desmoldante al molde	Suspender proceso
Cura	Porcentaje de catalizador	3%	Verificar la configuración de adición de catalizador.	Configurar
	Adición de acelerador	Presente	Se ha adicionado acelerador (Oct de cobalto) a la resina	Suspender proceso
Inyección	Volúmen de resina	Configurado	Se ha configurado el volúmen de resina que debe inyectar la maquina	Configurar
	Viscosidad	<250cps	Medir la viscosidad de la resina	Suspender proceso
	Presión de inyección	35psi	Se ha configurado la presión de inyección	Configurar
	Llenado	Llena antes de gelado, sin fuga	Se llena la cavidad antes de que la resina gele o haya curado	Reducir tiempo de gel
Desperdicio	Nivel de desperdicio	<150gr	Medir el peso de los desperdicios que sea inferior al 10%	Suspender proceso

Tabla 7. Formato registro evaluación proceso de producción.

Lista de chequeo de calidad					
Resultados del chequeo de calidad					
Procedimiento manufactura gabinetes					
Objeto	para medidores de gas		Fecha	3.09.2006	Número
Versión	1.0		Responsable	Andrés Hernández	
Fecha ejecución(DD.MM.AAAA)			Ejecutado por		
Lote #					
<p>Procedimiento:</p> <p>Verificar una a una las características especificadas de la parte, verificando de acuerdo al procedimiento establecido el "Valor medido" para compararlo con el "Criterio de aceptación". Los resultados de cada característica se registran en esta hoja. NO dejar espacios en blanco ni tachar.</p>					
Aspecto	Característica	Criterio de aceptación	Valor medido	Aceptado (SI - NO)	Medida tomada
Preparación	Brillo y uniformidad	Presentes			
	Número de partes del molde	2 del gabinete y 2 de la puerta			
	Guías de alineación	4 presentes			
	Punto de inyección	Presente y despejado			
	Punto de vacío cavidad	Presente y despejado			
	Empaques primario y secundario	Presentes, limpios y adheridos			
	Punto de conexión	Presente y despejado			
	Vacío flanche	Instalados			
	Manilares	Presente y alineada			
Desmoldeo	Desmoldante	Presente			
Cura	Porcentaje de catalizador	3%			
	Adición de acelerador	Presente			
Inyección	Volúmen de resina	Configurado			
	Viscosidad de la resina	<250cps			
	Presión de inyección	35psi			
	Llenado	Llena antes de la cura o gelado			
Desperdicio	Nivel de desperdicio en peso de materiales	<150gr			

Anexo F. Procedimiento de evaluación del producto respecto a la aplicación y formato de registro.

Tabla 8. Procedimiento de evaluación gabinetes respecto a la aplicación.

Protocolo evaluación de calidad respecto a la aplicación		
Procedimiento de ejecución del chequeo de calidad		
Revisión de gabinetes de gas para la aplicación		
Objeto	Fecha	3.09.2006
Versión 1.0	Responsable	Andrés Hernández
Procedimiento: Verificar una a una las características especificadas de la parte, verificando lo establecido en "Valor medido" para compararlo con el "Criterio de aceptación". Los resultados de cada característica se registran en la hoja resultados de chequeo de calidad.		
Frecuencia: En cada prototipo para validación del diseño.		
Característica	Criterio de aceptación	Valor medido
Es posible retirar la puerta	Cierto	La puerta no esta adherida al marco
Es posible asegurar la puerta	Cierto	Hay un medio para asegurar la puerta en el servicio.
Resiste agentes de limpieza domesticos	Cierto	La aplicación de limpiavidrios NO daña la superficie
La señal de la puerta es visible a 2m	Cierto	-
Lleva un sello de seguridad que demuestra cuando ha sido abierta	Cierto	-
Es posible leer el valor consumido en el medidor sin abrir la puerta	Cierto	-
No presenta superficies que sean peligrosas para las personas cercanas	Cierto	-
Es posible instalar un medidor en su interior	Cierto	Consultar con un instalador si será capaz de instalar un medidor en su interior de la misma forma que lo hace con los actuales..
Puede abrirse utilizando una llave especial	Cierto	-
Las tolerancias dimensionales en ancho y alto son inferiores al 2%.	Cierto	-
Es posible apilar 10 de ellos sin dañarlos	Cierto	Apilar y verificar que no se fracturen o deformen de forma permanente.
Puede instalarse embebido o sobrepuesto a una pared	Cierto para ambos	Consultar con un instalador si será capaz de instalarlo sobrepuesto a una pared o embebido dentro de la misma.
Ventilación	Presente	Hay aberturas en la puerta que permiten una circulación natural de aire al interior.

Protocolo evaluación de calidad respecto a la aplicación		
Procedimiento de ejecución del chequeo de calidad		
Objeto	Revisión de gabinetes de gas para la aplicación	Fecha 3.09.2006
Versión	1.0	Responsable Andrés Hernández
Peso	<2kg	Pesar el gabinete ensamblado
Costo producción	<20000	Verificar el costo de los materiales empleados
Degradación por calor		Si se somete a una temperatura de 50°C por una hora
Precio	p<1,25 p actuales	Comparar el precio proyectado con el promedio de
Marco	Presente	Presenta un marco para alojar el medidor
Puerta	Presente	Presenta puerta que abierta permite acceder al interior
Seguro	Presente	Dispone de forma de asegurar la puerta durante el uso
Aperturas tubería	Presente	Dispone de aperturas para pasar los tubos al medidor.

Tabla 9. Formato registro evaluación de gabinetes respecto a la aplicación.

Lista de chequeo de calidad				
Resultados del chequeo de calidad				
Objeto	Procedimiento manufactura gabinetes	Fecha	3.09.2006	Número
Versión	1.0	Responsable	Andrés Hernández	
Fecha ejecución(DD.MM.AAAA)		Ejecutado por		
Lote #				
<p>Procedimiento:</p> <p>Verificar una a una las características especificadas de la parte, verificando de acuerdo al procedimiento establecido el "Valor medido" para compararlo con el "Criterio de aceptación". Los resultados de cada característica se registran en esta hoja. NO dejar espacios en blanco ni tachar. Escribir NA donde la pregunta no aplica y explicar en medida tomada por qué.</p>				
Característica	Criterio de aceptación	Valor medido	Aceptado (SI -NO)	Medida tomada
Es posible retirar la puerta	Cierto			
Es posible asegurar la puerta	Cierto			
Resiste agentes de limpieza domesticos	Cierto			
La señal de la puerta es visible a 2m	Cierto			
Lleva un sello de seguridad que demuestra cuando ha sido abierta	Cierto			
Es posible leer el valor consumido en el medidor sin abrir la puerta	Cierto			
No presenta superficies que sean peligrosas para las personas cercanas	Cierto			
Es posible instalar un medidor en su interior	Cierto			
Puede abrirse utilizando una llave especial	Cierto			
Las tolerancias dimensionales en ancho y alto son inferiores al 2%.	Cierto			
Es posible apilar 10 de ellos sin dañarlos	Cierto			
Puede instalarse embebido o sobrepuesto a una pared	Cierto para ambos			
Ventilación	Presente			
Apertura para lectura	Presente			
Peso	<2kg			
Costo producción	<20000			
Degradación por calor	Ausente			
Precio	p<1,25 p actuales			
Marco	Presente			
Puerta	Presente			
Seguro	Presente			
Aperturas tubería	Presente			

#### Anexo G. Lista de chequeo del proceso.

- Verifique que la máquina se encuentra cargada con la resina, el catalizador y que el compresor y la bomba de vacío estén activados. Además que no hay juegos en las partes principales, fugas de líquidos o aire, o alguna señal de mal funcionamiento y que la resina y el catalizador se encuentran en condiciones de trabajo.
- Verificar ocasionalmente que la mezcla de resina y catalizador seleccionada realmente coincide con la realidad, haciendo una prueba de adición manual del porcentaje elegido y comparando los tiempos de gelado.
- Conectar el molde. Verificar que el molde a utilizar sea el adecuado y que se encuentra apto para ser utilizado (completo, limpio, con desmoldante, sin daños ni rayas, con los empaques en su lugar).
- Verificar que los controles y sensores se encuentren limpios y en buen estado.
- Verificar que el kit de preformas esté completo.
- Disponer las preformas en el molde. Verificar que las preformas se han cargado correctamente al molde (orden y posición) dejando libres los apoyos del molde y los sellos.
- Cerrar el molde. Verificar que el molde cierra correctamente, apoya, que no se presenta flujo de aire después de activar el vacío y que el vacío alcanza el nivel especificado.
- Acoplar inyector. Verificar que se encuentra correctamente conectado, en el punto correcto y sin fugas.
- Definir volumen a inyectar.
- Regular vacío de la cavidad, verificar que alcanza el nivel adecuado, que es inferior al del flanche.



- Iniciar inyección. Verificar que la resina se suministra a la presión especificada.
- Medir el tiempo de inyección.
- Suspender la inyección cuando la resina alcanza la vacuum Pot al nivel especificado.
- Verificar que el tiempo de inyección se encuentra dentro de los límites.
- Mantener el vacío en la cavidad y en el flanche.
- Retirar el inyector y circular disolvente para limpiarlo.
- Sellar el punto de inyección para evitar la entrada de aire.
- Verificar que se mantenga el cierre del molde hasta que termine el tiempo de gelado.
- Suspender el vacío del flanche cuando la resina haya gelado.
- Abrir el molde. Revisar que no se produzcan daños en la pieza ni en el molde.
- Dejar curar la pieza sobre el molde inferior.
- Limpiar el molde superior. Verificar que no queden obstruidos los canales, conectores ni sellos.
- Retirar la pieza del molde inferior. Verificar que no haya daño en ninguna de las partes.
- Inspeccionar el estado del molde al final, verificar que no se hayan producido daños y que quede limpio y preparado para otra inyección.
- Registrar que se ha hecho una nueva inyección, el número del molde y de la pieza o del lote.
- Hacer el procedimiento de preparación del molde cuando se hayan registrado 10 inyecciones consecutivas en el mismo molde.

- Limpiar la pieza
- Ejecutar las tareas de terminado (perforaciones, ensamble, limpieza, empaque).

## Anexo H. Lista de solución de problemas.

Lista de solución de problemas comunes			
Objeto	Problemas del proceso		
Versión	1.0	Responsable	Andrés Hernández
Fecha	3.09.2006		
Procedimiento:			
A partir de los problemas registrados buscar en esta lista cada problema para encontrar las soluciones recomendadas. En caso de que se encuentren soluciones mejores debe actualizarse este listado para incluirlas.			
Problema	Causa posible	Solución recomendada	
Burbujas en el laminado	Rata de inyección muy elevada	Disminuir presión de inyección	
	Tejido inapropiado	Revisar selección	
	Viscosidad muy alta	Disminuir viscosidad	
Grietas durante el moldeo	Exotermia excesiva en áreas ricas en resina	Mejorar disposición del refuerzo o corregir radios de curvatura del molde	
	Cantidad de refuerzo insuficiente en áreas localizadas.	Mejorar disposición del refuerzo o corregir radios de curvatura del molde	
Desmoldeo difícil	Agente desmoldante inapropiado o mal aplicado	Revisar aplicación	
Cierre del molde difícil	Volumen de refuerzo muy alto.	Revisar cantidad de refuerzo	
	Residuos de refuerzo en los empaques, canales o apoyos del molde	Limpiar las zonas de apoyo entre moldes	
	Residuos de resina curada en los apoyos	Limpiar las zonas de apoyo entre moldes	
Movimiento del refuerzo visto como zonas ricas en resina con poco brillo	El refuerzo se movió al cerrar el molde	Revisar disposición de la preforma	
	Contenido de refuerzo insuficiente resultando en movimiento durante la inyección.	Revisar contenido de refuerzo, gramaje.	
Marcación del refuerzo en la superficie del molde	Exotermia excesiva	Revisar agentes de curado. Revisar resina. Revisar forma del molde y disposición del refuerzo.	
	Molde no curado adecuadamente	Revisar curado del molde.	
Alta exotermia	Resina inapropiada	Revisar selección	
	Refuerzo insuficiente	Revisar cantidad de refuerzo	
	Dosificación de catalizador excesiva, mezclado incorrecto.	Revisar dosificación y mezclador	
Llenado incompleto / parches secos	Tiempo de gel muy corto	Revisar dosificación de agentes de curado y revisar resina, revisar condiciones ambientales.	
	Empaquetamiento del refuerzo elevado en algunos puntos	Revisar diseño de la preforma y del molde.	

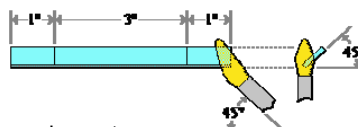
Lista de solución de problemas comunes		
Objeto	Problemas del proceso	
Versión	1.0	Responsable
Fecha	3.09.2006	Andrés Hernández
Cura inconsistente	Mezcla de catalizador mala, vista como anillos amarillos cerca al punto de inyección.	Revisar mezclador
	Niveles de catalizador o acelerador inadecuados, condiciones ambientales inadecuadas.	Revisar dosificación de agentes de curado y revisar resina, revisar condiciones ambientales.
Espesor inconsistente	Estructura de soporte del molde mal diseñada	Revisar rigidez del molde
	Espesor de la cavidad inconsistente	Revisar diseño de la cavidad
Parte dañada al desmoldar	Desmoldeo difícil debido a mal diseño del molde, parte compleja o insuficiente agente desmoldante.	Revisar ángulos de salida y aplicación de desmoldante
	Cura incompleta, desmoldeo temprano	Revisar tiempo de curado
Mala impregnación del refuerzo	Contenido de refuerzo muy alto	Revisar cantidad de refuerzo
	Resina inapropiada	Revisar selección
	Velocidad de inyección muy alta	Revisar presión de inyección
Mal acabado superficial	Encogimiento excesivo de la resina	Revisar resina
	Resina no curada al desmoldar	Revisar tiempo y agentes de curado.
	Mal acabado del molde	Pulir y brillar.
Desprendimiento de la pieza por si sola del molde	Exotermia o encogimiento excesivo	Revisar resina. Evitar zonas ricas en resina.
Llenado del molde que genera fugas	Distorsión del molde durante la inyección	Revisar apoyos del molde.
	Sistema de cierre inadecuado	Revisar canal de vacío, estanqueidad y revisar
	Sistema de sellado inadecuado	Revisar empaques
Flujo de resina muy bajo	Contenido de refuerzo muy elevado	Revisar cantidad de refuerzo
	Punto de vacío bloqueado.	Limpiarlo
	Refuerzo inapropiado	Revisar selección
	Restricción en los canales de flujo	Limpiarlos
	Viscosidad muy alta	Revisar viscosidad y adecuarla al proceso.
Poros	Superficie del molde sucia antes de aplicar el gelcoat	Revisar preparación del molde
Superficie tactosa	Cura incompleta	Revisar agentes de curado y condiciones
	Cura incompleta o nivel de vacío muy alto que hace evaporar el estireno antes de la cura.	Revisar nivel de vacío. Revisar curado.
Dureza muy baja	Cura incompleta, resina inadecuada	Revisar resina y agentes de curado, revisar tiempo de curado.
Brillo y uniformidad inadecuados	superficie sin brillo o con relieves	Pulir, brillar y preparar superficie del molde con agente desmoldante.

El listado anterior se ha organizado a partir de la información disponible en las siguientes fuentes: [www.scottbader.com](http://www.scottbader.com), (POTTER, 1997), (ANDERCOL, 2005), [www.cromitec.br](http://www.cromitec.br), [www.ppg.com](http://www.ppg.com), [www.Saint-gobain-vetrotex.com.br](http://www.Saint-gobain-vetrotex.com.br), [www.basf.com.cl](http://www.basf.com.cl), [www.acmanet.org/](http://www.acmanet.org/), [www.dow.com/propyleneglycol/app/upr.htm](http://www.dow.com/propyleneglycol/app/upr.htm), [www.netcomposites.com/education.asp?sequence=9](http://www.netcomposites.com/education.asp?sequence=9), [www.rtmcomposites.com](http://www.rtmcomposites.com), [rtmcomposites.com/rtmlight.htm](http://rtmcomposites.com/rtmlight.htm)

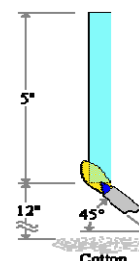
## Anexo I. Informe prueba de comportamiento a la llama según UL94.

INFORME DE RESULTADOS			
Prueba de comportamiento a la llama según UL94			
Objeto	Probetas de PRFV	Fecha	2.08.2006
		Responsable	Andrés Hernández
Condiciones atmosféricas:			
T=23°C			
P= 635mmhg Viento=Ausente, solo se encienden los extractores al terminar las pruebas.			

- Objeto: Probetas de PRFV (resina poliéster COP4 de BASF reforzadas con mat de hilo picado de 450gr/m<sup>2</sup>, 1 capa de mat, laminación manual)  
6 probetas de 0,5 x 5"  
A 3 de ellas se les adicionó pasta retardante al fuego referencia LA Tejada y CIA Ltda.
- Probetas de 5x5 pulgadas  
1 de estas con aditivo de pasta retardante al fuego.  
Espesor: aprox 2mm, coincide con el espesor del producto final dado que según la norma el factor dimensional mas crítico es el espesor.
- Equipo: Mechero de gas propano, encendedor, cronometro, libreta, cámara digital.
- Objetivos: Someter las probetas a 4 pruebas de comportamiento ante la llama para comparar el efecto de la adición de la pasta retardante en la respuesta del material ante la llama.
- Procedimiento: Se ejecutan 4 tipos de prueba:
  - Prueba horizontal.  
Procedimiento: Un espécimen de 5" de largo, con marcas a 1" y 4" del extremo A es soportado en posición horizontal, inclinado 45°. Se aplica una llama A por 30 segundos o hasta que la llama alcance la marca hecha a 1". Si el espécimen sigue quemándose después de quitada la llama, se toma el tiempo que toma la llama en quemarse entre la marca de 1" y la de 4". Si la combustión para antes de la marca de 4", se toma el tiempo y la longitud que se quemó.



- Prueba vertical.  
Un espécimen es soportado en posición vertical y se aplica una llama en la punta inferior. Se aplica la llama por 10 segundos y se remueve hasta que se detiene la quema, luego se vuelve a aplicar la llama por 10 segundos y se remueve. Se dispone un pedazo de algodón bajo la muestra para recibir las gotas en caso de que las haya. Se registra el tiempo que dura llameante el espécimen después de cada aplicación.



- Prueba de barra.  
Se soporta la barra vertical y se aplica la llama en una esquina inferior inclinada 20°. Se aplica por 5 segundos, se remueve 5 segundos, la aplicación y remoción se repite 5 veces.

- Prueba de placa.  
El procedimiento es el mismo de las barras excepto que el espécimen se monta horizontal y la llama se aplica en el centro de la superficie inferior de la placa.

## 5. Resultados

### Identificación de las probetas



### Estado final de las probetas



## Resultados

### 5.1 Prueba horizontal

#### A. Probeta con pasta.

Sometido a la llama esta es amarilla, produce humo sin olor ni color. No hay material particulado visible en las emisiones.

Al retirar la llama, la llama se extingue inmediatamente, esto se ve en la siguiente figura.

No se registra la velocidad de combustión ya que esta se detuvo al retirar la llama. No hay goteo ni desprendimiento de partículas. Se mantiene la rigidez de la probeta durante la prueba. La parte quemada conserva la resina. El daño es superficial.

Ilustración 1. Detalle de la combustión exponiendo la probeta a la llama y retirándola.



#### B. Probeta sin pasta.

Se produce una llama muy grande, con humo oscuro y partículas grandes. Al retirar la llama, la combustión continua como se ve en la siguiente figura.

Ilustración 2. Fotografía antes y después de quitar el mechero.



En la siguiente fotografía se muestra el avance de la llama no inducida después de 3 minutos de retirada la llama inductora.

Ilustración 3. Avance de la combustión no inducida.



No hay goteo ni desprendimiento de partículas. Se mantiene la rigidez de la probeta durante la prueba. La parte quemada es flexible mostrando que solo ha quedado la fibra y que la resina se ha consumido, el daño es en todo el volumen.

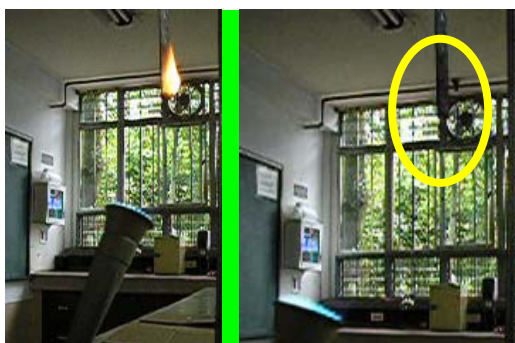
## 5.2 Prueba vertical

### A. Probeta con pasta

Se produce una llama amarilla que no genera humo abundante, cuyo olor no es fuerte ni irritante. No hay material particulado visible en las emisiones.

Al retirar la llama, se extingue inmediatamente, lo que se ve en la siguiente figura.

Ilustración 4. Prueba vertical con pasta.



No hay goteo ni desprendimiento de partículas. Se mantiene la rigidez de la probeta durante la prueba y al final de esta. Solo se produce pérdida de material en la punta, 1mm de la probeta queda sin resina. El resto conserva sus propiedades excepto el color. La parte quemada conserva la resina. El daño es superficial.

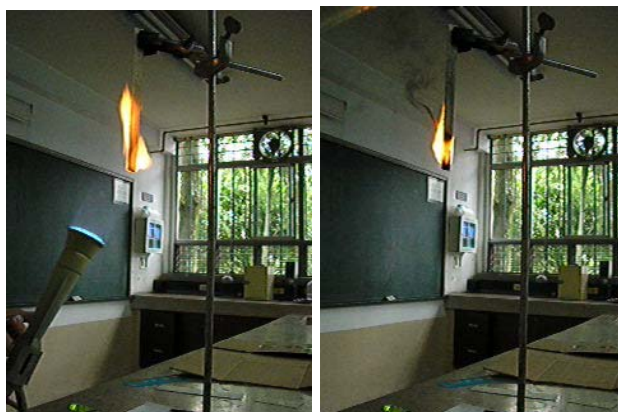
### B. Probeta sin pasta

La combustión genera humo negro muy denso, con olor fuerte y partículas grandes que se dispersan rápidamente. La combustión no se detiene al retirar



la llama. Caen algunas partículas de la probeta al suelo. Al final la probeta solo queda compuesta por fibra de vidrio en la parte quemada (20%), la resina se consume totalmente.

Ilustración 5. Probeta sin pasta en prueba vertical.

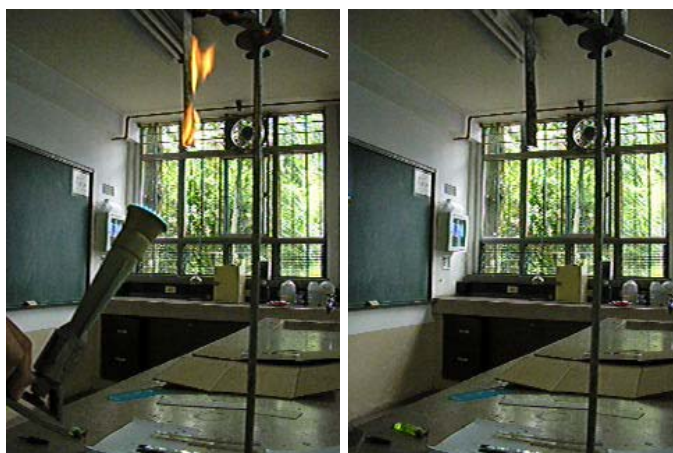


### 5.3 Prueba de barra

#### A. Probeta con pasta

Se produce una llama amarilla que se extingue al retirar la llama, de inmediato la primera vez, a los 2 segundos la segunda vez y máximo a los 4 segundos en la última ignición. El humo es prácticamente incoloro e inodoro, libre de partículas visibles. Se mantiene la rigidez de la probeta al final de la prueba, mostrando que la parte quemada conserva la resina y que el daño es superficial.

Ilustración 6. Prueba de intervalos en probeta con pasta.



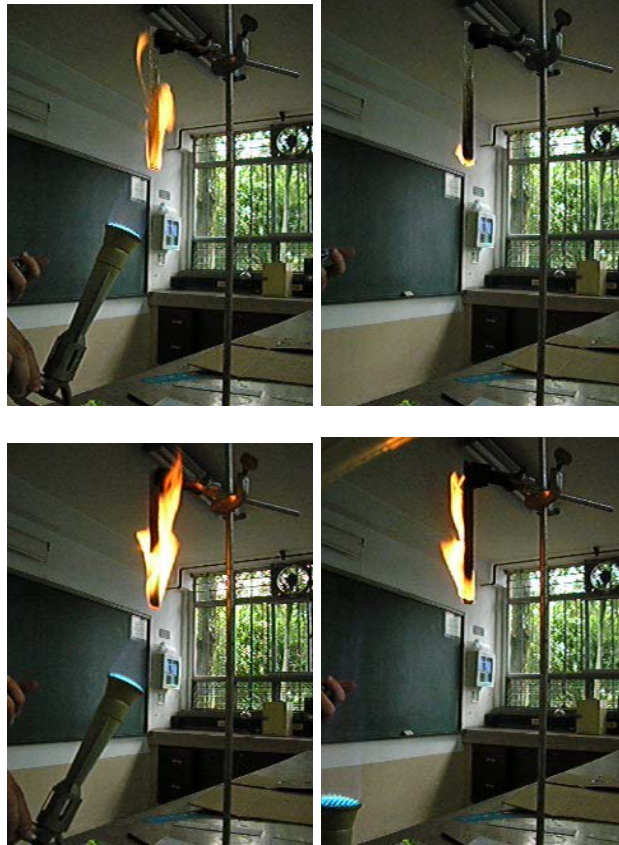
#### B. Probeta sin pasta

Se produce una llama amarilla y un humo denso, de olor fuerte e intenso.

Al retirar la llama, la llama se debilita sin extinguirse. Se produce un daño grave en la parte quemada mostrando que la resina se consume totalmente y solo

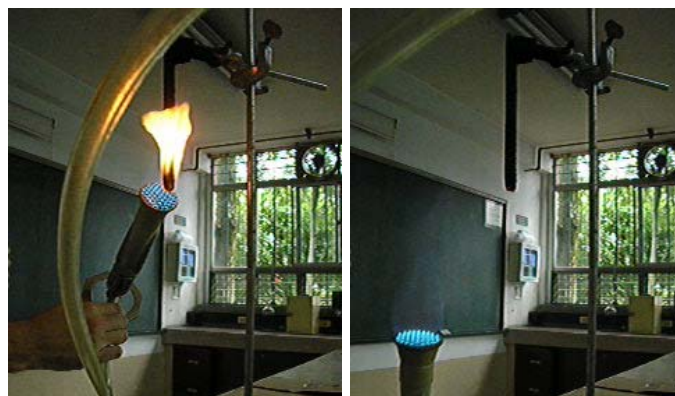
queda la fibra. La parte quemada pierde su rigidez. No hay goteo aunque se desprenden partículas volátiles.

Ilustración 7. Prueba de intervalos en probeta sin pasta.



Obsérvese que la parte quemada ya no es combustible lo que demuestra que la resina se ha consumido totalmente. Ver siguiente ilustración.

Ilustración 8. Prueba de ignición en la parte quemada.



#### 5.4 Prueba de placas

##### A. Probeta con pasta

La llama rodea la probeta, genera humo incoloro e inodoro, este se vuelve visible al retirar la llama. No se presenta perforación de la probeta, deformación ni pérdida de la rigidez. Las propiedades de la probeta, exceptuando el color, se conservan aparentemente.

Ilustración 9. Prueba en placa con pasta retardante.



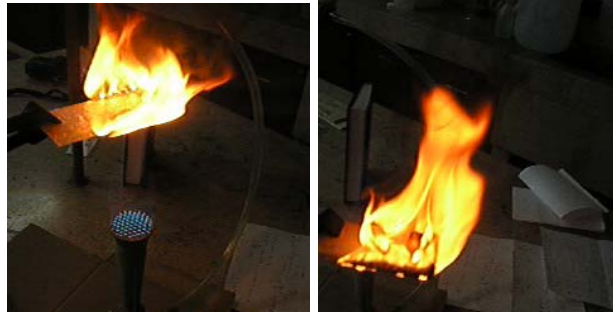
Nótese que la superficie superior incluso después de quemada conserva su brillo. Se producen algunos defectos superficiales (ampollas y poros) posiblemente debido a burbujas de aire existentes que estallan por la presión del aire y generan el defecto superficial.

#### B. Probeta sin pasta

Se genera una llama mas intensa que en presencia de la pasta. Los gases son abundantes, de olor fuerte y con partículas volátiles que se dispersan rápidamente. Algunas partículas se precipitan. La probeta esta siendo un promotor de la llama ya que esta aumenta en intensidad.

Ilustración 10. Prueba de placa sin pasta retardante.





El resultado es un material compuesto solo de fibra, la resina se consume totalmente, por lo tanto la probeta pierde su rigidez. No hay perforación. La llama no alcanza la superficie superior a través de la probeta sino alrededor de ella lo que demuestra que aun en este caso el material esta impidiendo el paso de la llama.

#### 6. Análisis de resultados.

Es evidente el efecto de la pasta retardante en el comportamiento ante la llama de las probetas. Consigue primero impedir que después de retirada la llama inductora continúe la combustión, es decir que le da una propiedad de auto extingente a la probeta a pesar de haberse sometido a la alta temperatura de la llama de gas.

En segundo lugar impide que el material se consuma durante la combustión haciendo que una vez extinguida la llama se conserve la mayor parte del material alterada solo en forma superficial (hay desprendimiento, burbujas y grietas en el gelcoat), es decir con un cambio de color y algunos defectos superficiales. Las probetas con pasta retardante conservan su rigidez y solo disminuye esta un poco mientras esta caliente. En cambio las probetas sin pasta quedan al final compuestas solo del material de refuerzo ya que la resina se ha consumido completamente.

Obviamente esta capacidad no es suficiente para extinguir la llama inductora, pero significa que el material no será un promotor de la combustión, en cambio retarda su avance.

Es importante resaltar que a pesar de la alta temperatura durante la prueba, la única propiedad que se modifica drásticamente es el color

#### 7. Conclusiones:

Se logra ejecutar una prueba para diferenciar el comportamiento ante la llama de probetas que contienen pasta retardante y de las que no en diferentes situaciones.

Se observa que la pasta retardante en consecuencia logra disminuir el efecto de la llama haciendo que la intensidad de la llama sea menor, que después de retirada la llama inductora se detenga la combustión, que el daño ocasionado sea mínimo y que se retarde el avance de la llama.

Se consigue también que la densidad de humo generado sea considerablemente menor y que este no presente olores fuertes ni irritantes.

Aparte del cambio de color, la probeta modificada conserva sus demás propiedades casi intactas a la vista y al tacto.

Se encuentra que incluso en ausencia de la pasta, el material de refuerzo constituye una barrera dado que en la prueba de la placa no se produjo perforación de la probeta debido al fuego, aunque la pieza perdió su rigidez.

En resumen la adición de pasta en porcentaje del 20% respecto a la resina utilizada hace que el efecto de la llama sobre el material sea menor y que los gases generados tengan un menor impacto que en ausencia del aditivo.

Anexo J. Fichas de resultados de la evaluación.

A continuación se encuentran los formatos donde se registran los resultados de la evaluación de los productos del proyecto.

## Anexo K. Planos para manufactura.

A continuación se encuentran los planos de los productos diseñados organizados de acuerdo a los ensambles. (Ver plano D0)

## Anexo K. Planos para manufactura.

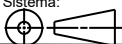
A continuación se encuentran los planos de los productos diseñados organizados de acuerdo a los ensambles. (Ver plano D0)



Lista de ensambles			
Versión		1.0	Fecha 10.09.2006 Responsable Andrés Hernández
Plano	Descripción		
D0	Diagrama organización planos		
ML d	Ensamble molde		
MP d	Ensamble molde puerta		
M d	Ensamble modelo maestro		
G d	Ensamble gabinete		



CRA 49 # 7 SUR - 50  
TEL: 2619500

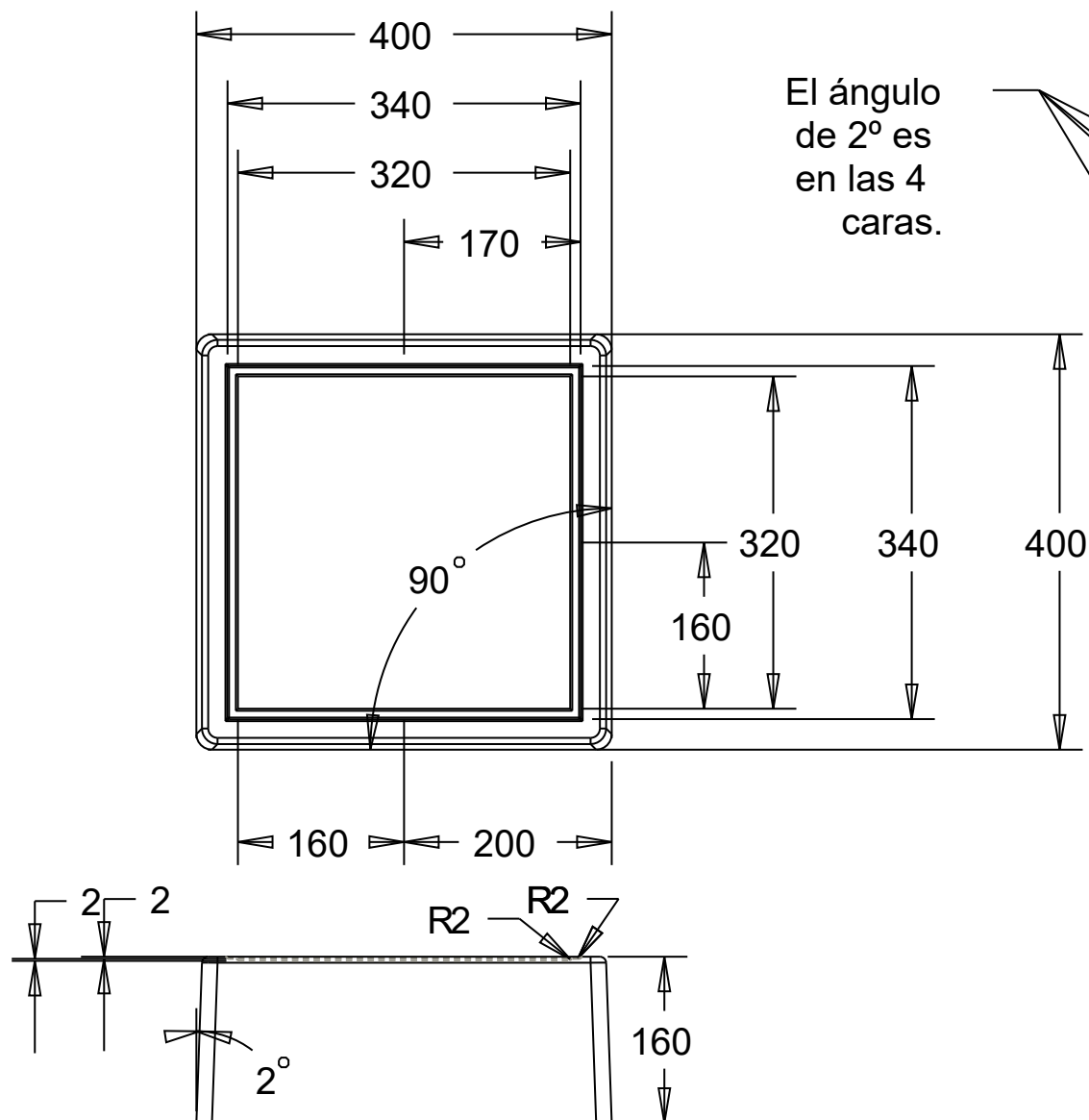
Proyecto: Gabinetes medidores de gas en PRFV					
Ensamble: General					
Pieza: Lista de ensambles		REVISION	NOMBRE	FIRMA	FECHA
		DIBUJO: ANDRES HERNANDEZ			
		DISEÑO: ANDRES HERNANDEZ			
Escala:	Unidades: mm	Formato: A4	APROBO:		
Sistema: 	Fecha: Octubre/2006	Plano : D 0	LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE PLANO NO PUEDE SER USADA NI REPRODUCIDA SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL AUTOR.		

Lista de planos para manufactura			
Objeto	Modelo maestro gabinete	Fecha	10.09.2006
Versión	1.0	Responsable	Andrés Hernández
Plano	Descripción		
Md	Diagrama organización planos		
M1	Plano detalle modelo maestro gabinete		
M2	Plano detalle modelo maestro puerta		

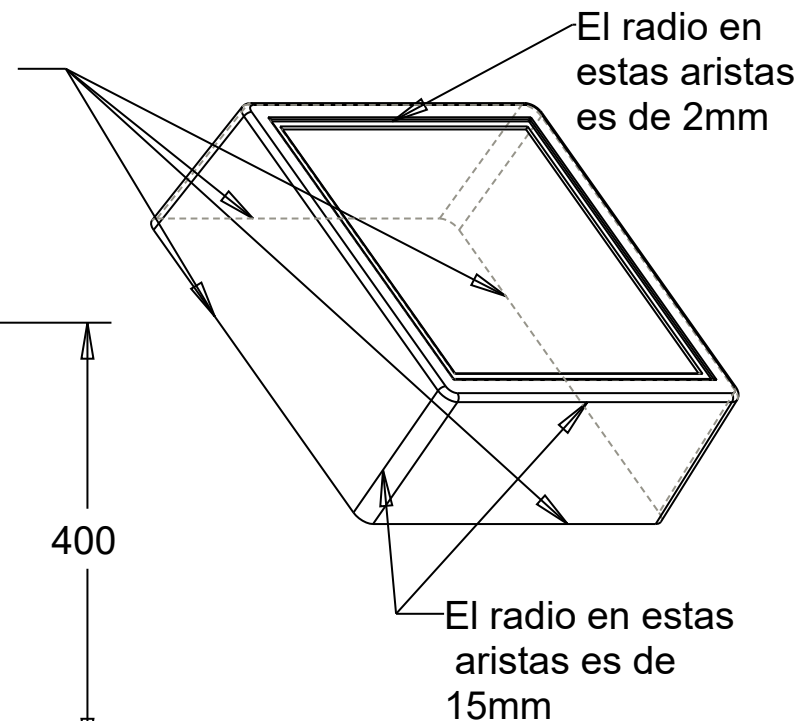


CRA 49 # 7 SUR - 50  
TEL: 2619500

Proyecto: Gabinetes medidores de gas en PRFV						
Ensamble: Modelo maestro gabinete						
Pieza: Diagrama organización planos			REVISION	NOMBRE	FIRMA	FECHA
Escala:			DIBUJO: ANDRES HERNANDEZ			
Unidades: mm			DISEÑO: ANDRES HERNANDEZ			
Formato: A4			APROBO:			
Sistema:			LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE PLANO NO PUEDE SER USADA NI REPRODUCIDA SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL AUTOR.			
Fecha: Octubre/2006						
Plano : Md						

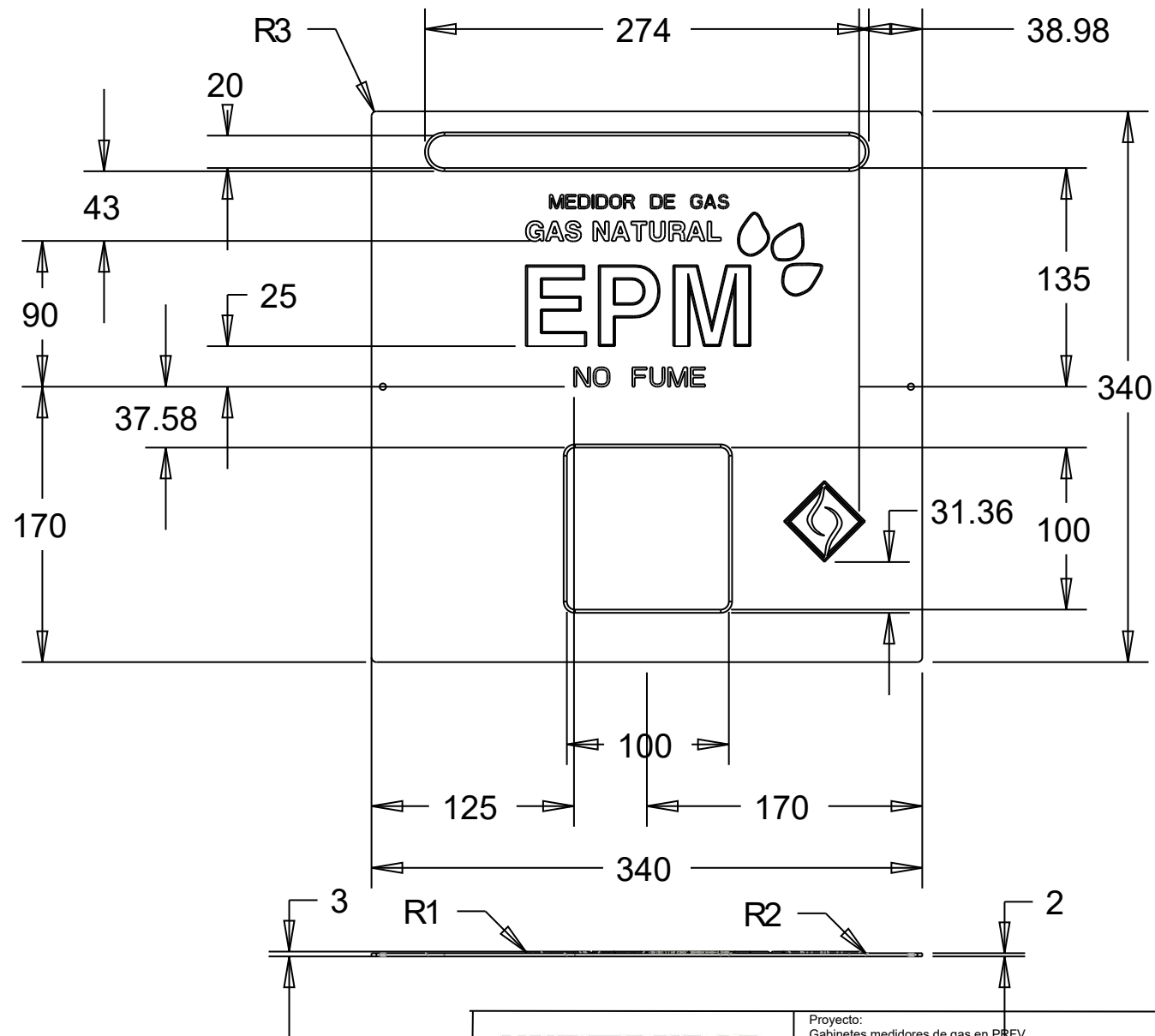


El ángulo de 2° es en las 4 caras.



CRA 49 # 7 SUR - 50  
TEL: 2619500

Proyecto: Gabinetes medidores de gas en PRFV						
Ensamble: Modelo maestro						
Pieza: Modelo maestro gabinete			REVISION	NOMBRE	FIRMA	FECHA
Escala: 1 : 7			DIBUJO: ANDRES HERNANDEZ			
Unidades: mm			DISEÑO: ANDRES HERNANDEZ			
Formato: A4			APROBO:			
Sistema: 			LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE PLANO NO PUEDE SER USADA NI REPRODUCIDA SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL AUTOR.			
Fecha: Octubre/2006			Plano : M1			



El radio entre las figuras en relieve y la superficie frontal es de 2mm.



CRA 49 # 7 SUR - 50  
TEL: 2619500

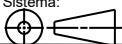
Proyecto: Gabinete medidores de gas en PIRFV						
Ensamble: Modelo maestro						
Pieza: Modelo maestro Puerta			REVISION	NOMBRE	FIRMA	FECHA
Escala: 1 : 4			DIBUJO: ANDRES HERNANDEZ			
Unidades: mm			DISEÑO: ANDRES HERNANDEZ			
Formato: A4			APROBO:			
Sistema: 			LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE PLANO NO PUEDE SER USADA NI REPRODUCIDA SIN AUTORIZACION ESCRITA DEL AUTOR.			
Fecha: Octubre/2006			Plano : M2			

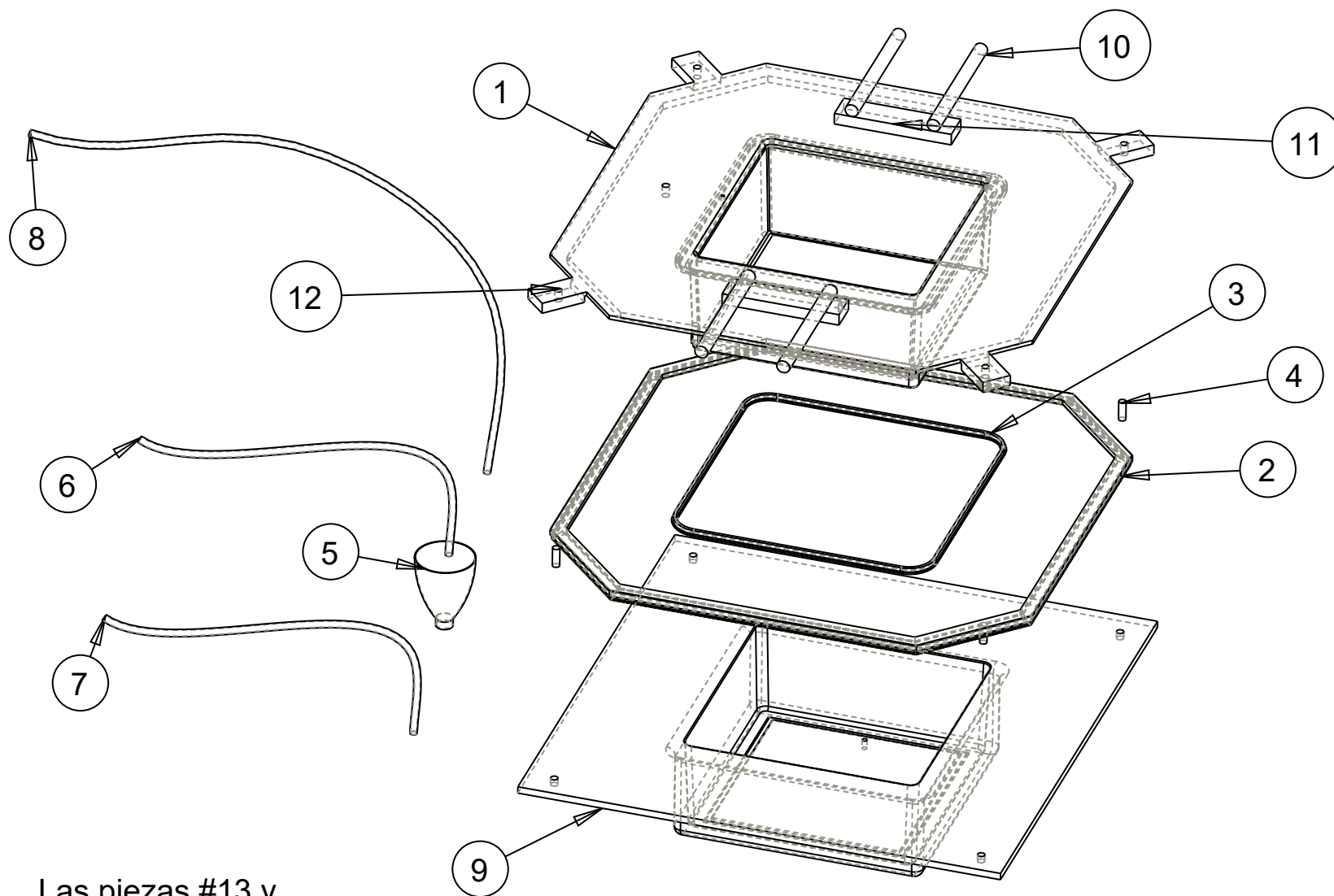
Lista de planos para manufactura	
Objeto	Molde gabinete medidores
Versión	1.0
Fecha	10.09.2006
Responsable	Andrés Hernández
Plano	Descripción
M l d	Diagrama organización planos
M l 1	Plano de ensamble
M l 1.1	Isométrico Contramolde gabinete - Pieza B (interior)
M l 1.1.1	Detalle pieza B
M l 1.1.2	Detalle ubicación manilares
M l 1.1.3	Detalle ubicación conectores
M l 1.1.4	Detalle cavidades para empaques
M l 1.1.5	Detalle guía de alineación
M l 1.2	Molde gabinete - Pieza A (Exterior) isométrico
M l 1.2.1	Detalle pieza A
M l 1.2.2	Vista de corte Pieza A
M l 2	Lista de partes
G 1.2.1	Detalle agujeros
G 1.2.2	Detalle letras
G 1.2.3	Detalle logo
G 1.2.4	Vista de isométrico
G 1.2.5	Preforma G 1 G 2
G 1.2.6	Montaje Preforma
G 1.3	Detalle corte de preformas del rollo
G 3	Listado de partes comerciales
G 2	Lista de partes



CRA 49 # 7 SUR - 50

TEL: 2619500

Proyecto: Gabinetes medidores de gas en PRFV						
Ensamble: Molde gabinete						
Pieza: Diagrama de planos			REVISION	NOMBRE	FIRMA	FECHA
Escala:			DIBUJO: ANDRES HERNANDEZ			
Unidades: mm			DISEÑO: ANDRES HERNANDEZ			
Formato: A4			APROBO:			
Sistema: 			LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE PLANO NO PUEDE SER USADA NI REPRODUCIDA SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL AUTOR.			
Fecha: Octubre/2006			Plano : M L d			



Las piezas #13 y  
#14 se detallan  
en el plano M L  
1.1.3



CRA 49 # 7 SUR - 50  
TEL: 2619500

Proyecto:  
Gabinetes medidores de gas en PRFV

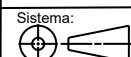
Ensamble:  
Molde puerta

Pieza:  
Plano de ensamble

Escala:  
1 : 10

Unidades:  
mm

Formato:  
A4



Fecha:  
Octubre/2006

Plano :  
M L 1

REVISION	NOMBRE	FIRMA	FECHA

DIBUJO: ANDRES HERNANDEZ

DISEÑO: ANDRES HERNANDEZ

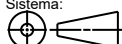
APROBO:

LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE  
PLANO NO PUEDE SER USADA NI  
REPRODUCIDA SIN AUTORIZACIÓN  
ESCRITA DEL AUTOR.

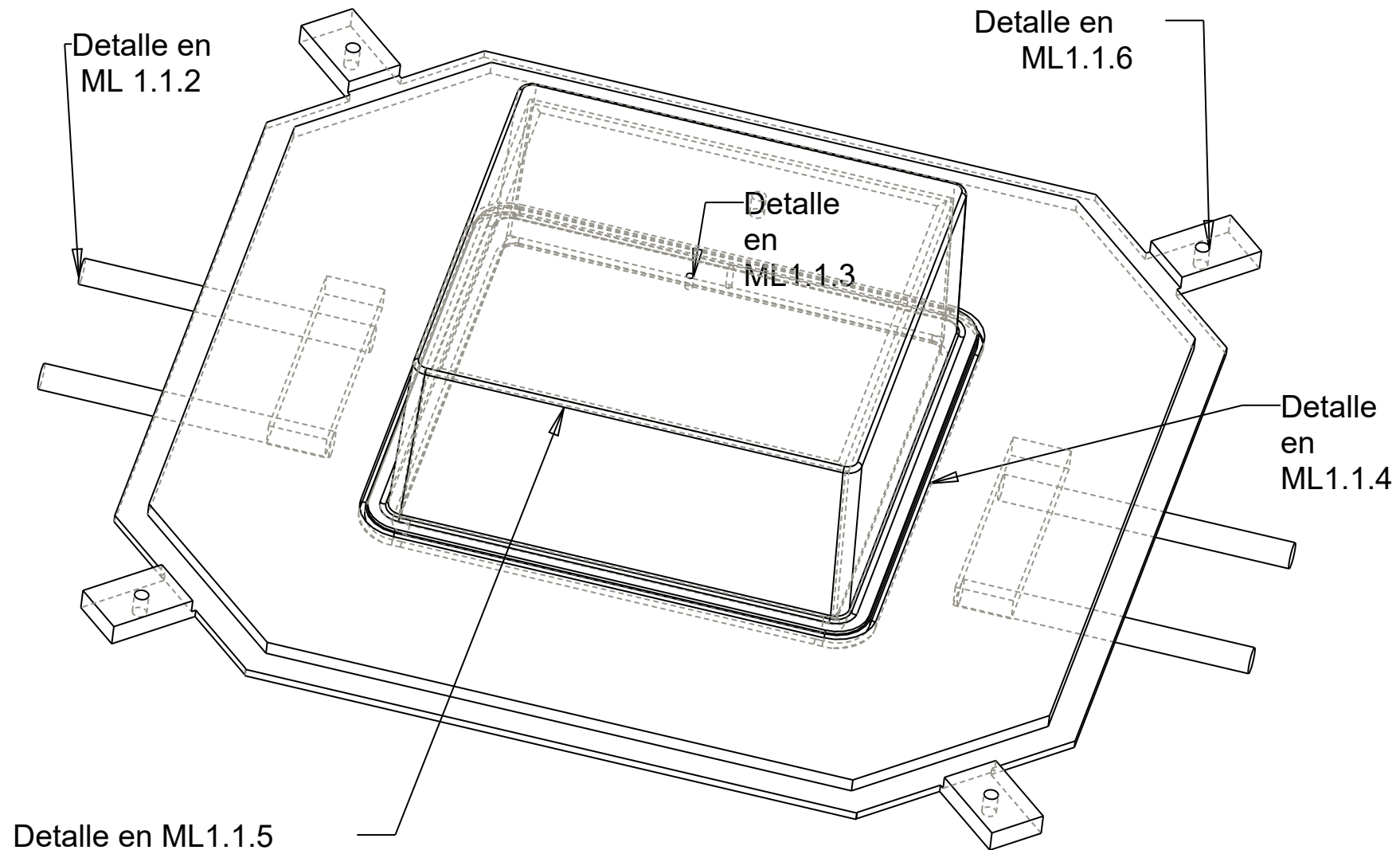
Lista de partes - ML2 -			
Objeto	Molde gabinete medidores	Fecha	25.09.2006
Versión	1.0	Responsable	Andrés Hernández
ID.	Descripción	Cantidad	Material
1	Molde gabinete pieza B (interior)	1	PRFV
2	Empaque de Ala	1 de 3,2m	Caucho
3	Empaque hongo	1 de 2,7m	Silicona
4	Pines alineac- Tornillos 5/16"+ tuerca-arandela	4	Acero galv
5	Vacuum pot	1	Acero Inox
6	Manguera vacuum pot 1/4"	1 de 3m	PP
7	Manguera Flanche 1/2"	1 de 3m	PP
8	Manguera inyección 1/4"	1 de 3m	PP
9	Molde gabinete Pieza A (Exterior)	1	PRFV
10	Manilares - Tubo 5/8" cal18	4	Acero
11	Soporte para manilares (20*50*200mm)	2	Madera abarco
12	Bujes 5/16" d interior	4	Acero
13	Conector manguera macho 1/4"	2	Bronce
14	Conector rápido aire manguera macho 1/2"	1	Bronce



CRA 49 # 7 SUR - 50  
TEL: 2619500

Proyecto: Gabinetes medidores de gas en PRFV					
Ensamble: Molde gabinete					
		REVISION	NOMBRE	FIRMA	FECHA
Pieza: Lista de partes		DIBUJO: ANDRES HERNANDEZ			
		DISEÑO: ANDRES HERNANDEZ			
Escala:	Unidades: mm	Formato: A4	APROBO:		
		LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE PLANO NO PUEDE SER USADA NI REPRODUCIDA SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL AUTOR.			
Sistema: 	Fecha: Octubre/2006	Plano : M L 2			





CRA 49 # 7 SUR - 50

TEL: 2619500

Proyecto:  
Gabinetes medidores de gas en PRFV

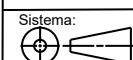
Ensamble:  
Molde gabinete

Pieza:  
Molde gab. Pieza B Isométrico

Escala:  
1 : 5

Unidades:  
mm

Formato:  
A4



Fecha:  
Octubre/2006

Plano :  
M L 1.1

REVISION	NOMBRE	FIRMA	FECHA

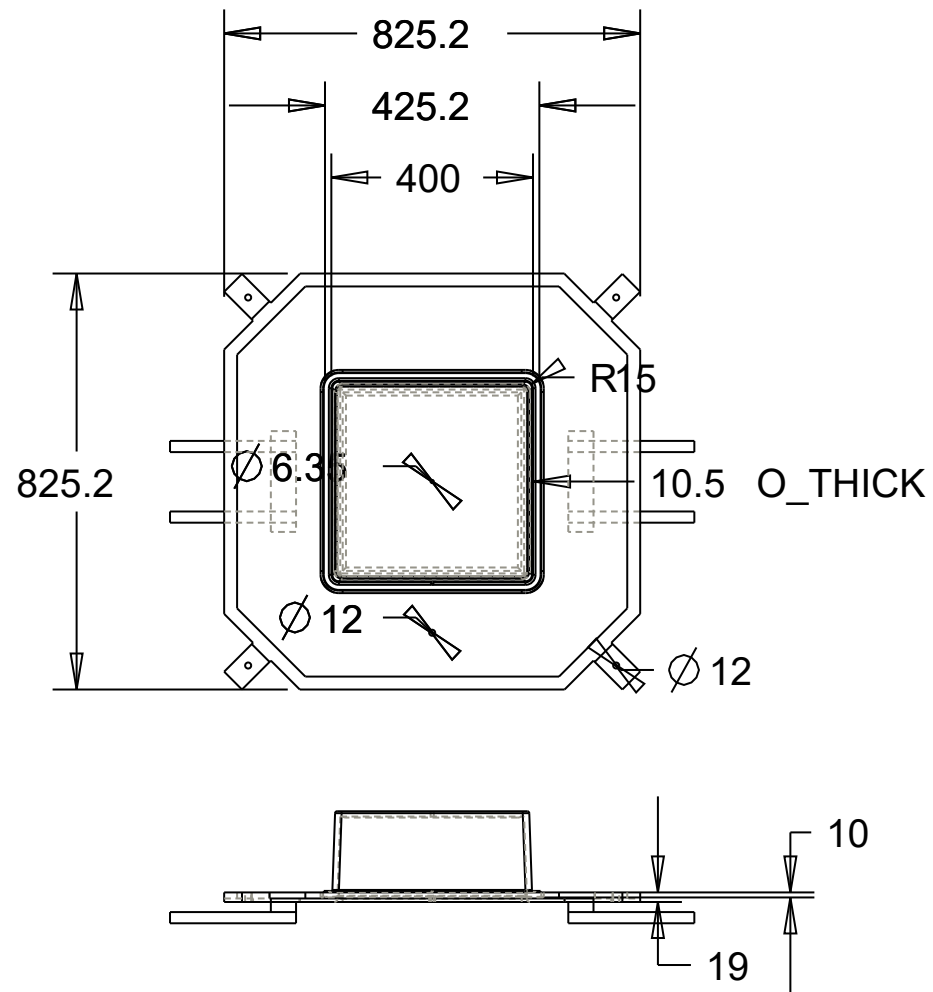
DIBUJO: ANDRES HERNANDEZ

DISEÑO: ANDRES HERNANDEZ

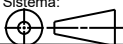
APROBO:

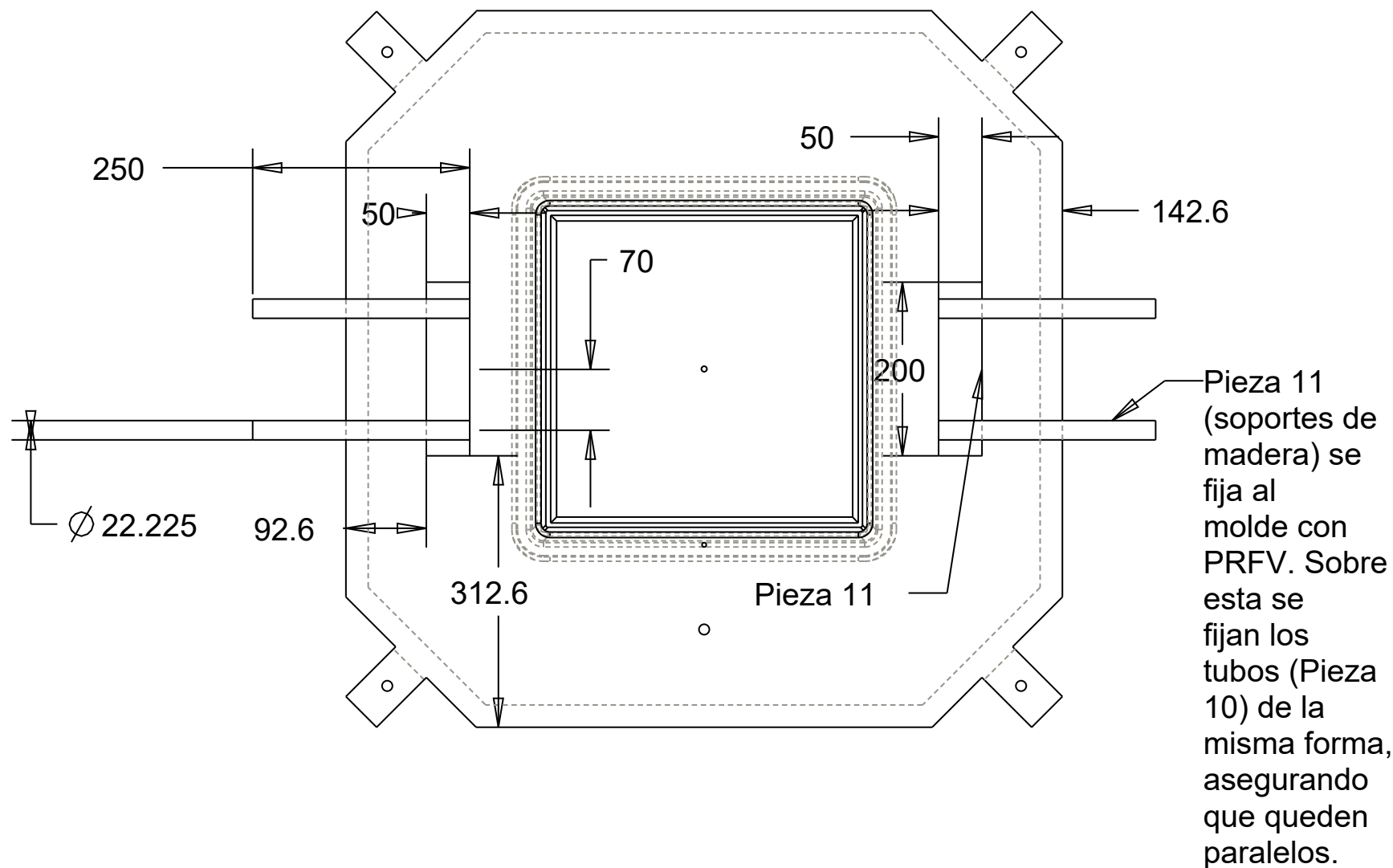
LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE  
PLANO NO PUEDE SER USADA NI  
REPRODUCIDA SIN AUTORIZACIÓN  
ESCRITA DEL AUTOR.





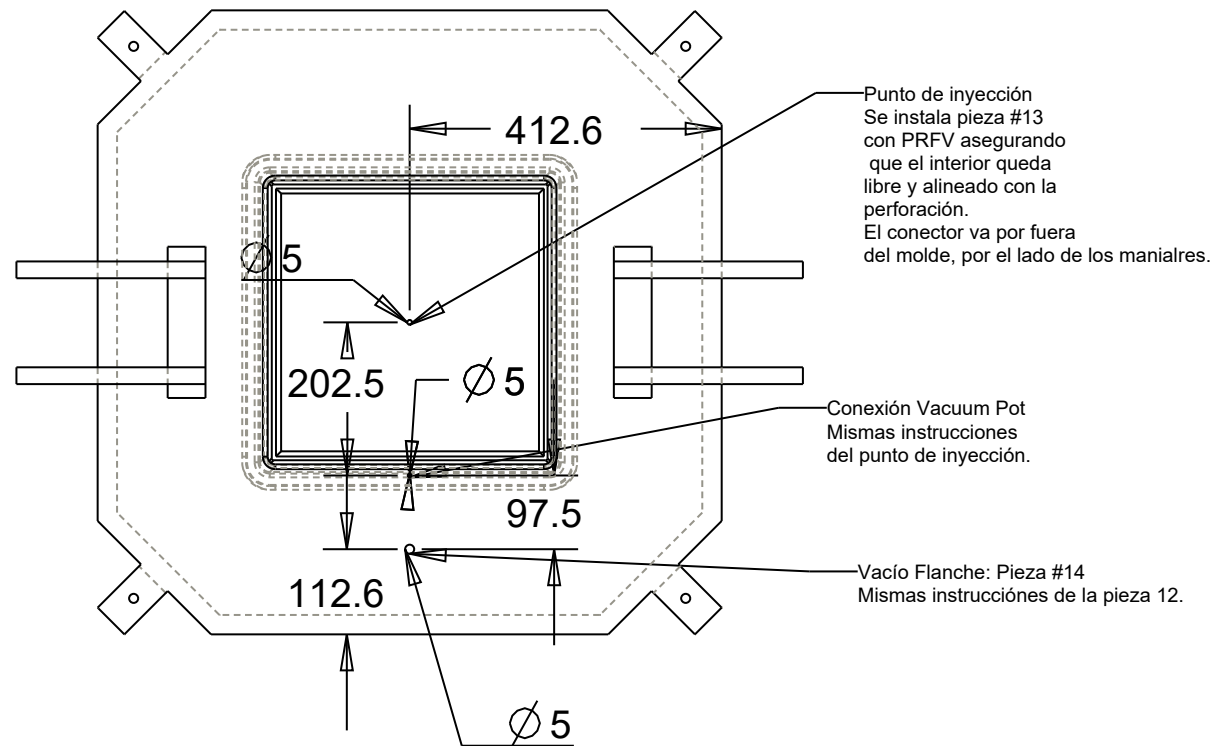
CRA 49 # 7 SUR - 50  
TEL: 2619500

Proyecto: Gabinetes medidores de gas en PRFV						
Ensamble: Molde gabinete						
Pieza: Detalle Molde Pieza B			REVISION	NOMBRE	FIRMA	FECHA
Escala: 1 : 15			DIBUJO: ANDRES HERNANDEZ			
Unidades: mm			DISEÑO: ANDRES HERNANDEZ			
Formato: A4			APROBO:			
Sistema: 			LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE PLANO NO PUEDE SER USADA NI REPRODUCIDA SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL AUTOR.			
Fecha: Octubre/2006			Plano : ML 1.1.1			



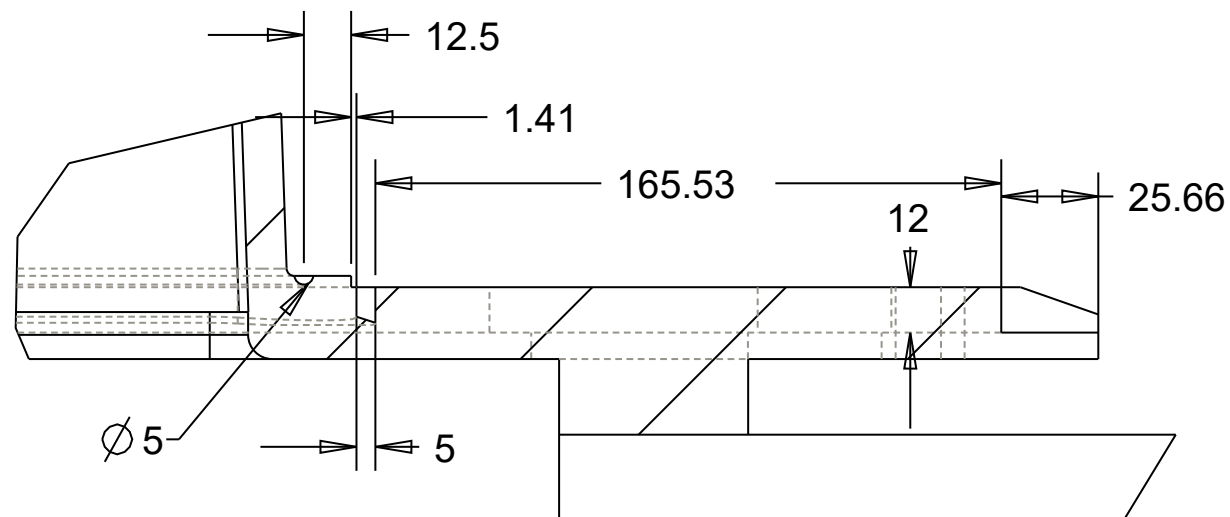
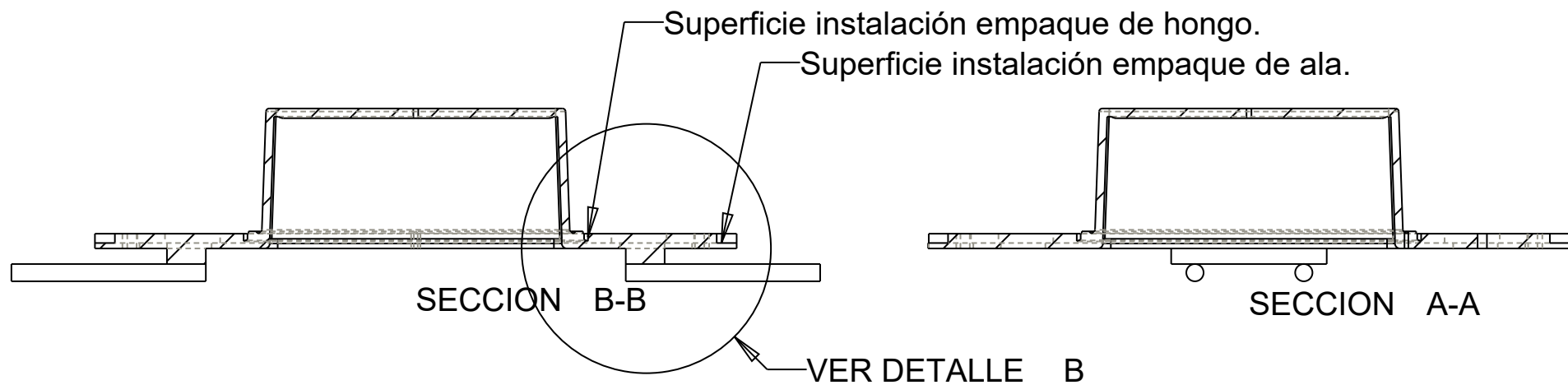
CRA 49 # 7 SUR - 50  
TEL: 2619500

Proyecto: Gabinetes medidores de gas en PRFV						
Ensamble: Molde gabinete						
Pieza: Detalle ubicación manilares			REVISION	NOMBRE	FIRMA	FECHA
Escala: 1 : 7			DIBUJO: ANDRES HERNANDEZ			
Unidades: mm			DISEÑO: ANDRES HERNANDEZ			
Formato: A4			APROBO:			
Sistema: 			LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE PLANO NO PUEDE SER USADA NI REPRODUCIDA SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL AUTOR.			
Fecha: Octubre/2006			Plano : M L 1.1.2			



CRA 49 # 7 SUR - 50  
TEL: 2619500

Proyecto: Gabinetes medidores de gas en PRFV						
Ensamble: Molde gabinete						
Pieza:			REVISION	NOMBRE	FIRMA	FECHA
Detalle ubicación conectores			DIBUJO: ANDRES HERNANDEZ			
			DISEÑO: ANDRES HERNANDEZ			
Escala: 1 : 10	Unidades: mm	Formato: A4	APROBO:			
Sistema:	Fecha: Octubre/2006	Plano : ML 1.1.3	LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE PLANO NO PUEDE SER USADA NI REPRODUCIDA SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL AUTOR.			



DETALLE B  
ESCALA 0.500 1:2



CRA 49 # 7 SUR - 50

TEL: 2619500

Proyecto:  
Gabinetes medidores de gas en PRFV

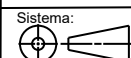
Ensamble:  
Molde gabinete

Pieza:  
Detalle cavidades para empaques

Escala:  
1 : 8

Unidades:  
mm

Formato:  
**A4**



Fecha:  
Octubre/2006

Plano :  
**ML 1.1.4**

REVISION	NOMBRE	FIRMA	FECHA

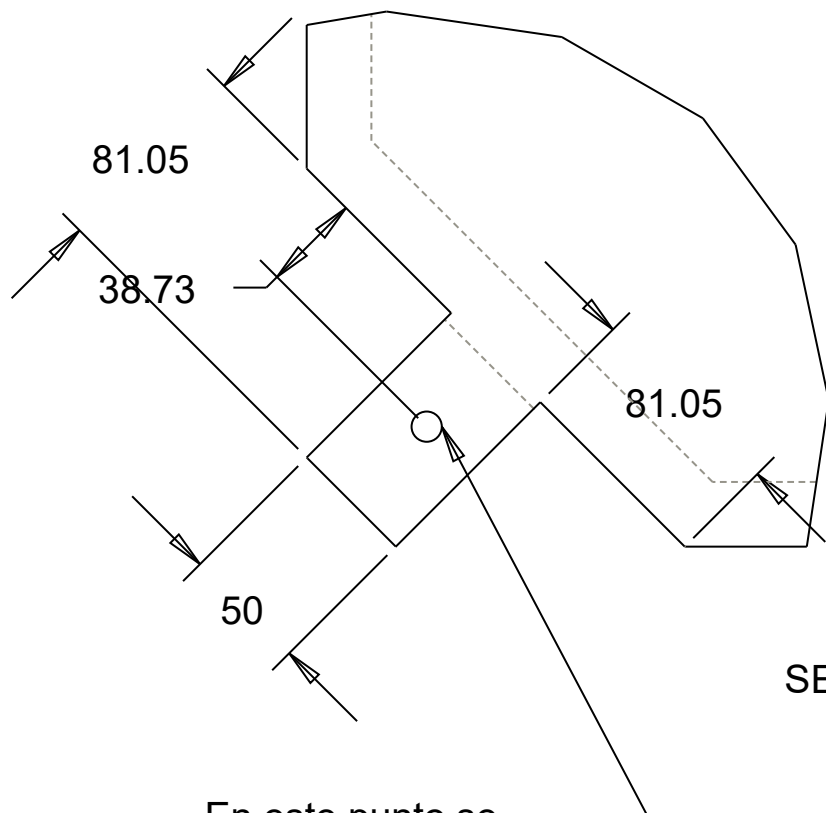
DIBUJO: ANDRES HERNANDEZ

DISEÑO: ANDRES HERNANDEZ

APROBO:

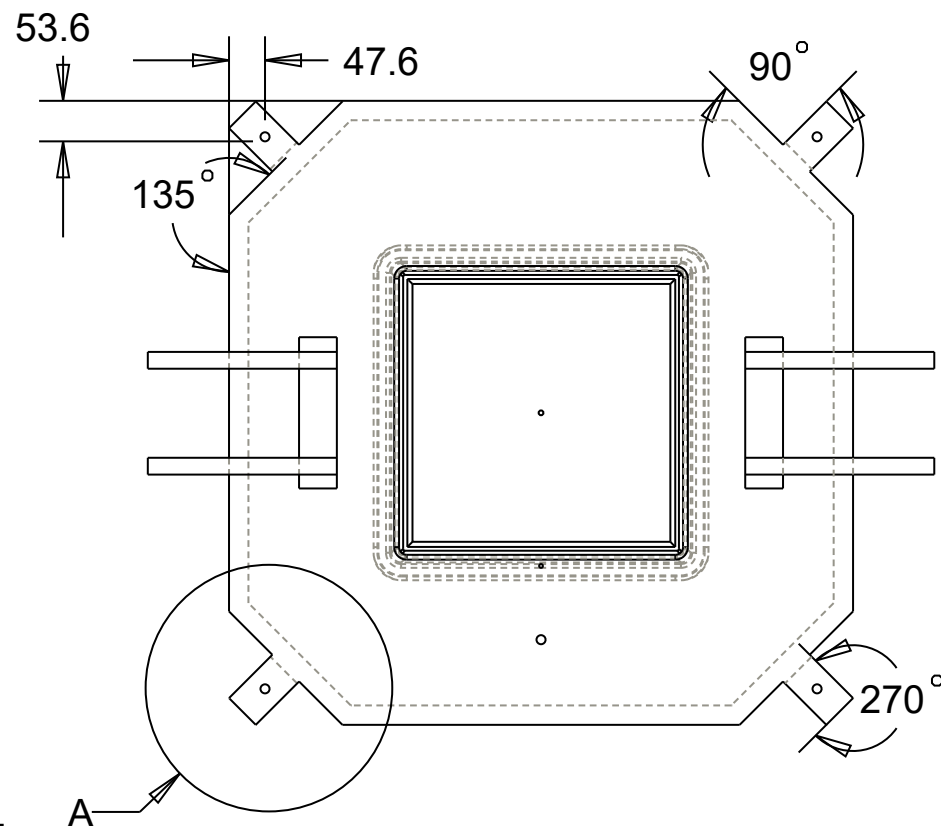
LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE  
PLANO NO PUEDE SER USADA NI  
REPRODUCIDA SIN AUTORIZACIÓN  
ESCRITA DEL AUTOR.

DETAIL A  
SCALE 0.333



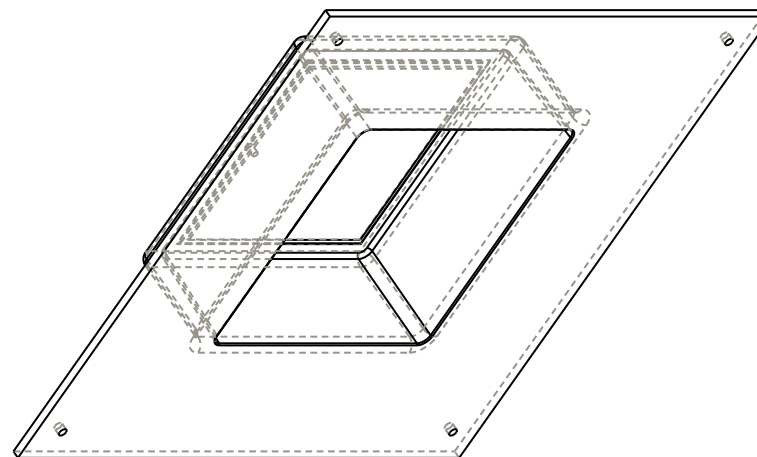
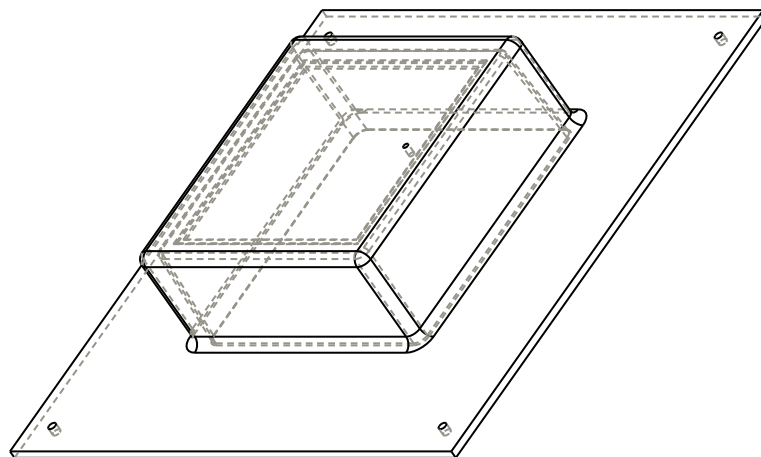
En este punto se instala la pieza 12, una en cada esquina. Se sujeta con PRFV. El agujero del buje se alinea con la perforación de la pieza. El agujero debe quedar libre.

SEE DETAIL



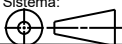
CRA 49 # 7 SUR - 50  
TEL: 2619500

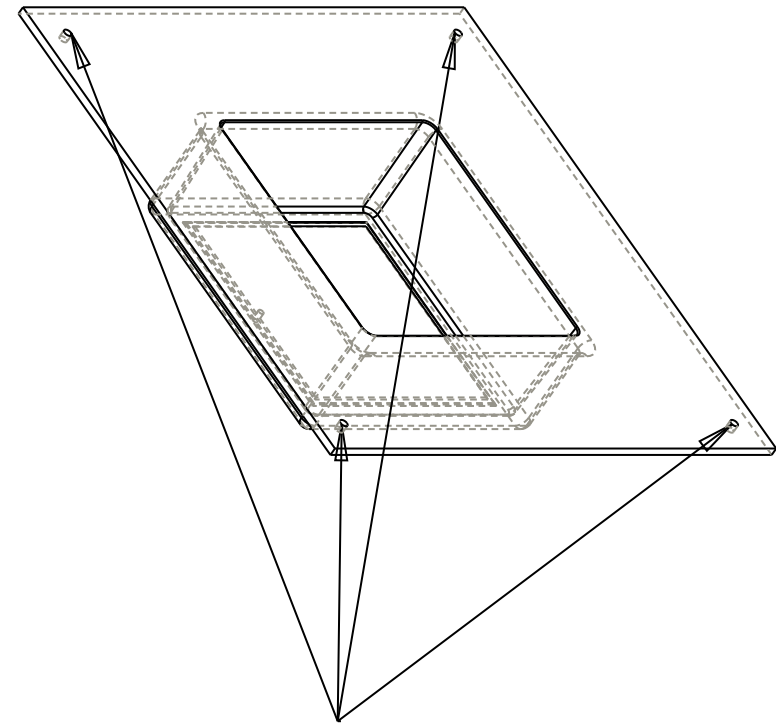
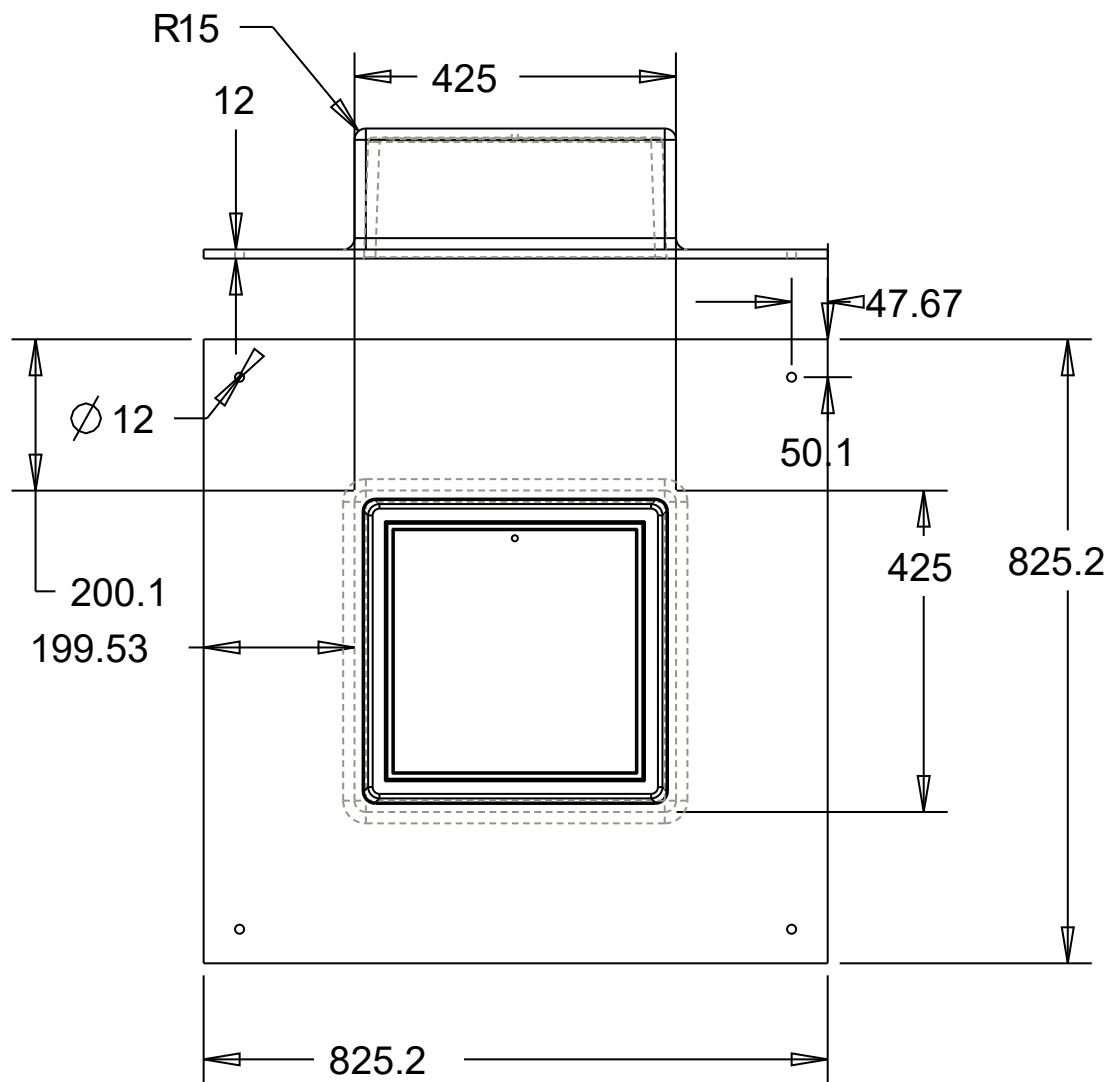
Proyecto: Gabinetes medidores de gas en PRFV						
Ensamble: Molde gabinete						
Pieza: Detalle guía de alineación			REVISION	NOMBRE	FIRMA	FECHA
Escala: 1 : 10			DIBUJO: ANDRES HERNANDEZ			
Unidades: mm			DISEÑO: ANDRES HERNANDEZ			
Formato: A4			APROBO:			
Sistema: Fecha: Octubre/2006			LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE PLANO NO PUEDE SER USADA NI REPRODUCIDA SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL AUTOR.			
Plano : ML 1.1.5						



CRA 49 # 7 SUR - 50

TEL: 2619500

Proyecto: Gabinetes medidores de gas en PRFV						
Ensamble: Molde gabinete						
Pieza: Isométrico Pieza A Exterior			REVISION	NOMBRE	FIRMA	FECHA
Escala: 1 : 10			DIBUJO: ANDRES HERNANDEZ			
Unidades: mm			DISEÑO: ANDRES HERNANDEZ			
Formato: A4			APROBO:			
Sistema: 			LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE PLANO NO PUEDE SER USADA NI REPRODUCIDA SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL AUTOR.			
Fecha: Octubre/2006			Plano : M L 1.2			

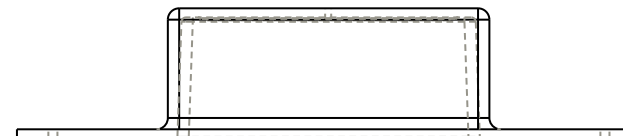
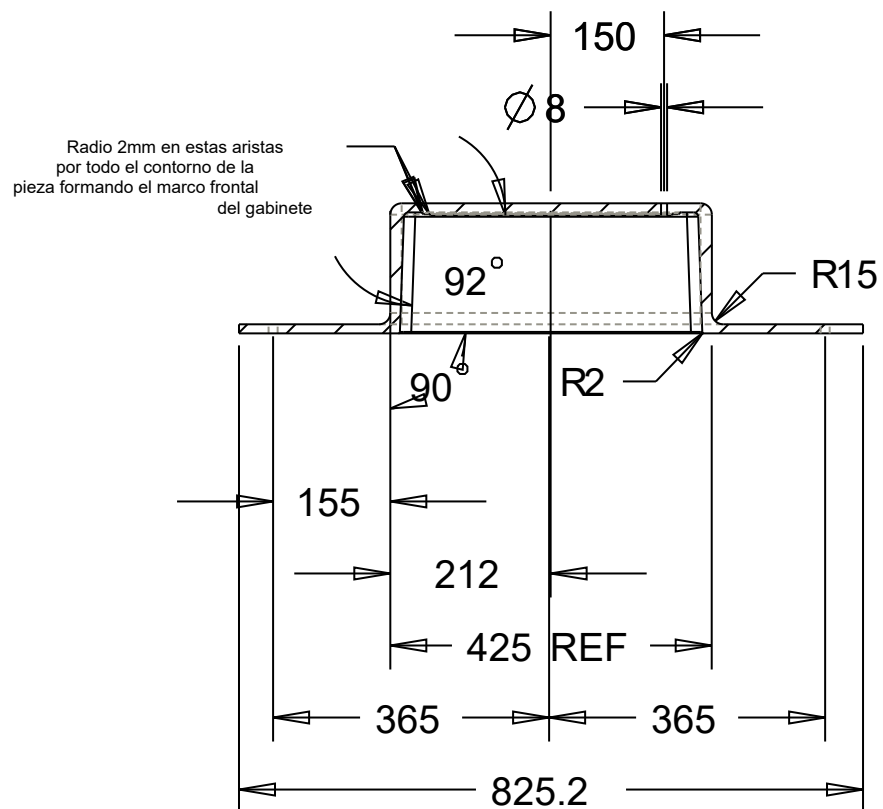


Puntos de  
inserción de los  
pines de  
alineación



CRA 49 # 7 SUR - 50  
TEL: 2619500

Proyecto: Gabinetes medidores de gas en PRFV						
Ensamble: Molde gabinete						
Pieza: Molde gabinete Pieza A Exterior			REVISION	NOMBRE	FIRMA	FECHA
Escala: 1 : 10			DIBUJO: ANDRES HERNANDEZ			
Unidades: mm			DISEÑO: ANDRES HERNANDEZ			
Formato: A4			APROBO:			
Sistema: 			LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE PLANO NO PUEDE SER USADA NI REPRODUCIDA SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL AUTOR.			
Fecha: Octubre/2006			Plano : M L 1.2.1			



SECTION D-D



CRA 49 # 7 SUR - 50

TEL: 2619500

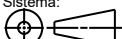
Proyecto: Gabinetes medidores de gas en PRFV						
Ensamble: Molde gabinete						
Pieza: Molde gabinete A exterior - Corte			REVISION	NOMBRE	FIRMA	FECHA
Escala: 1 : 10			DIBUJO: ANDRES HERNANDEZ			
Unidades: mm			DISEÑO: ANDRES HERNANDEZ			
Formato: A4			APROBO:			
Sistema:			LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE PLANO NO PUEDE SER USADA NI REPRODUCIDA SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL AUTOR.			
Fecha: Octubre/2006						
Plano : ML 1.2.2						

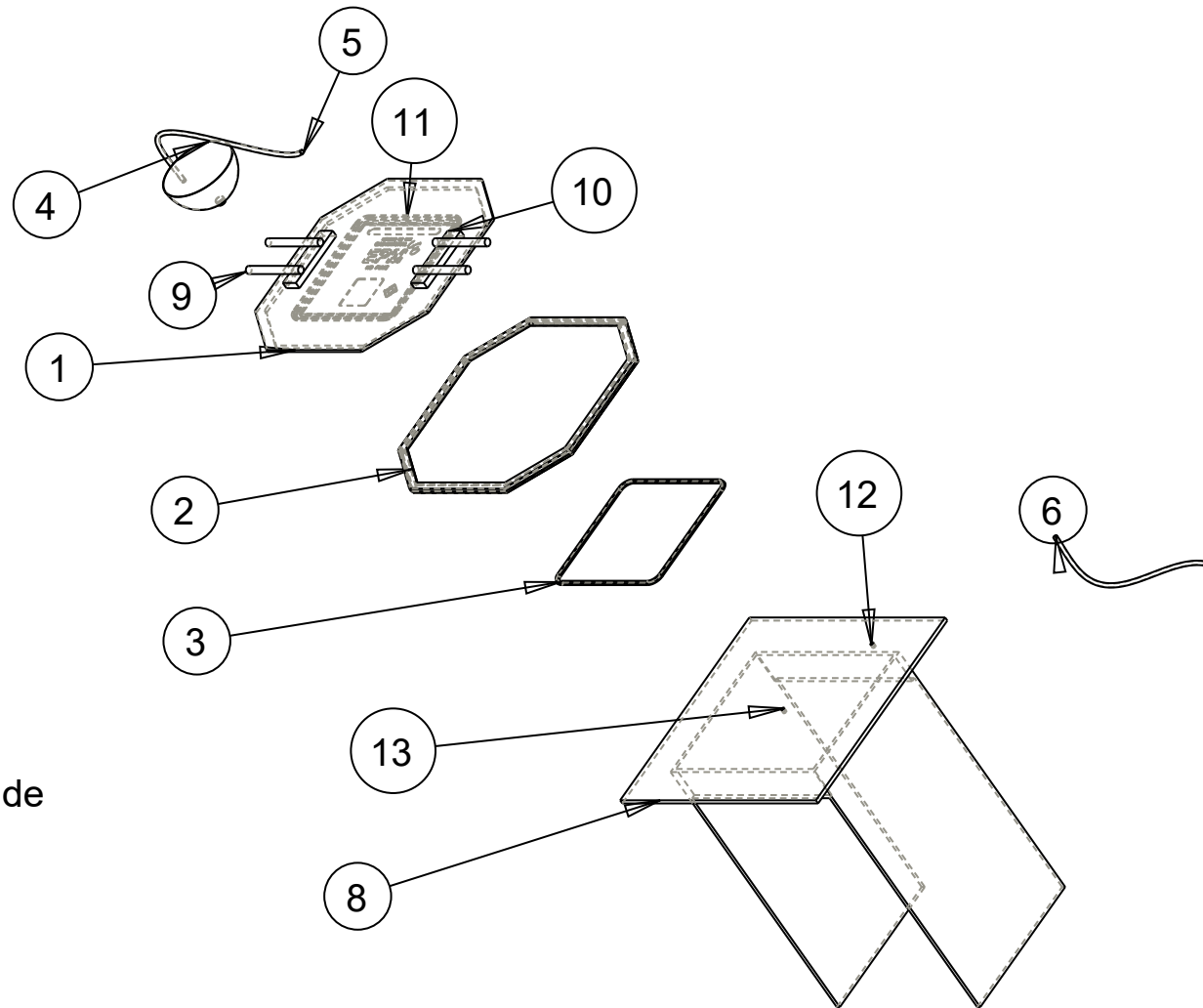


Lista de planos para manufactura			
Objeto	Molde puerta gabinetes	Fecha	10.09.2006
Versión	1.0	Responsable	Andrés Hernández
Plano	Descripción		
Mpd	Diagrama organización planos		
Mp1	Plano de ensamble		
Mp1.1	Vista isométrica del molde pieza A (superior)		
Mp1.1.1	Detalle pieza A molde puerta (superior)		
Mp1.1.2	Detalle ubicación manilares		
Mp1.1.3	Detalle ubicación conectores pieza A		
Mp1.1.4	Detalle cavidades para empaques		
Mp1.2	Isométrico Mesa inyección		
Mp1.2.1	Detalle mesa de inyección		
Mp 1.2.2	Detalle ubicación conectores mesa de inyección		
Mp2	Lista de partes		



CRA 49 # 7 SUR - 50  
TEL: 2619500

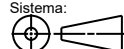
Proyecto: Gabinetes medidores de gas en PRFV						
Ensamble: Molde puerta						
Pieza: Diagrama organización planos			REVISION	NOMBRE	FIRMA	FECHA
Escala:			DIBUJO: ANDRES HERNANDEZ			
Unidades: mm			DISEÑO: ANDRES HERNANDEZ			
Formato: A4			APROBO:			
Sistema: 			LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE PLANO NO PUEDE SER USADA NI REPRODUCIDA SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL AUTOR.			
Fecha: Octubre/2006			Plano : M P d			



La manguera de  
inyección  
(pieza 7) va  
conectada al  
auto sprue  
según  
instrucciones  
del fabricante



CRA 49 # 7 SUR - 50  
TEL: 2619500

Proyecto: Gabinetes medidores de gas en PRFV						
Ensamble: Molde puerta						
Pieza: Plano de ensamble			REVISION	NOMBRE	FIRMA	FECHA
Escala: 1 : 20			DIBUJO: ANDRES HERNANDEZ			
Unidades: mm			DISEÑO: ANDRES HERNANDEZ			
Formato: A4			APROBO:			
Sistema: 			LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE PLANO NO PUEDE SER USADA NI REPRODUCIDA SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL AUTOR.			
Fecha: Octubre/2006			Plano : M P 1			

## Lista de partes MP2

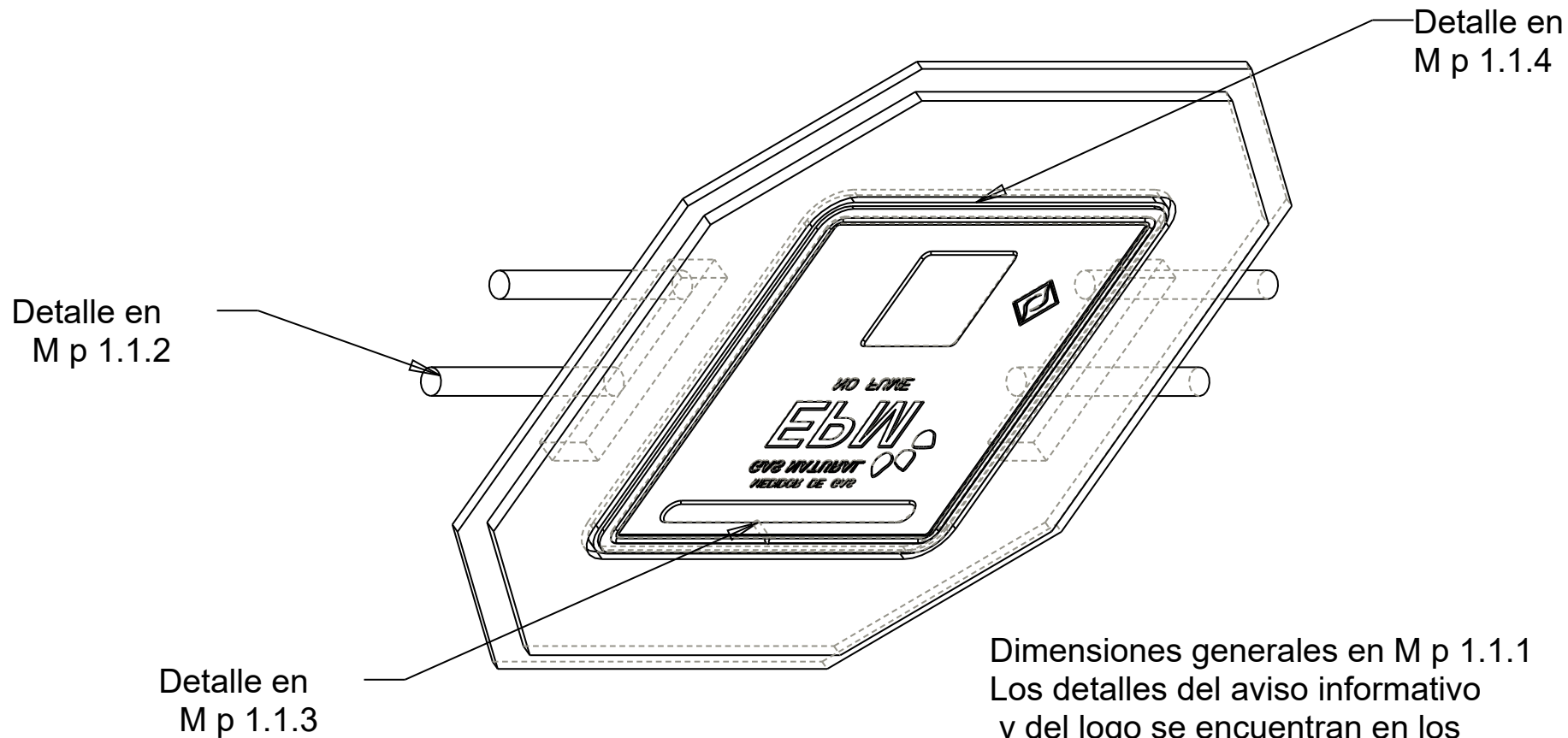
Objeto Molde puerta gabinetes Fecha 25.09.2006  
 Versión 1.0 Responsable Andrés Hernández

1	Molde puerta pieza A	1	PRFV
2	Empaque de Ala	1 de 3m	Caucho
3	Empaque hongo	1 de 2,5m	Silicona
4	Vacuum pot	1	Acero Inox
5	Manguera vacuum pot 1/4"	1 de 3m	PP
6	Manguera Flanche 1/2"	1 de 3m	PP
7	Manguera inyección 1/4"	1 de 3m	PP
8	Mesa de inyección	1	PRFV
9	Manilares - Tubo 5/8" cal18	4	Acero
10	Soporte para manilares (20*50*200mm)	4	Madera abarco
11	Conector manguera macho 1/4"	1	Acero
12	Conector rápido aire manguera macho 1/2"	1	Bronce
13	Auto sprue	2	Bronce



CRA 49 # 7 SUR - 50  
 TEL: 2619500

Proyecto: Gabinetes medidores de gas en PRFV					
Ensamble: Molde puerta					
Pieza: Lista de partes		REVISION	NOMBRE	FIRMA	FECHA
		DIBUJO: ANDRES HERNANDEZ			
		DISEÑO: ANDRES HERNANDEZ			
Escala:	Unidades: mm	Formato: A4	APROBO:		
Sistema: 	Fecha: Octubre/2006	Plano : MP 2	LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE PLANO NO PUEDE SER USADA NI REPRODUCIDA SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL AUTOR.		

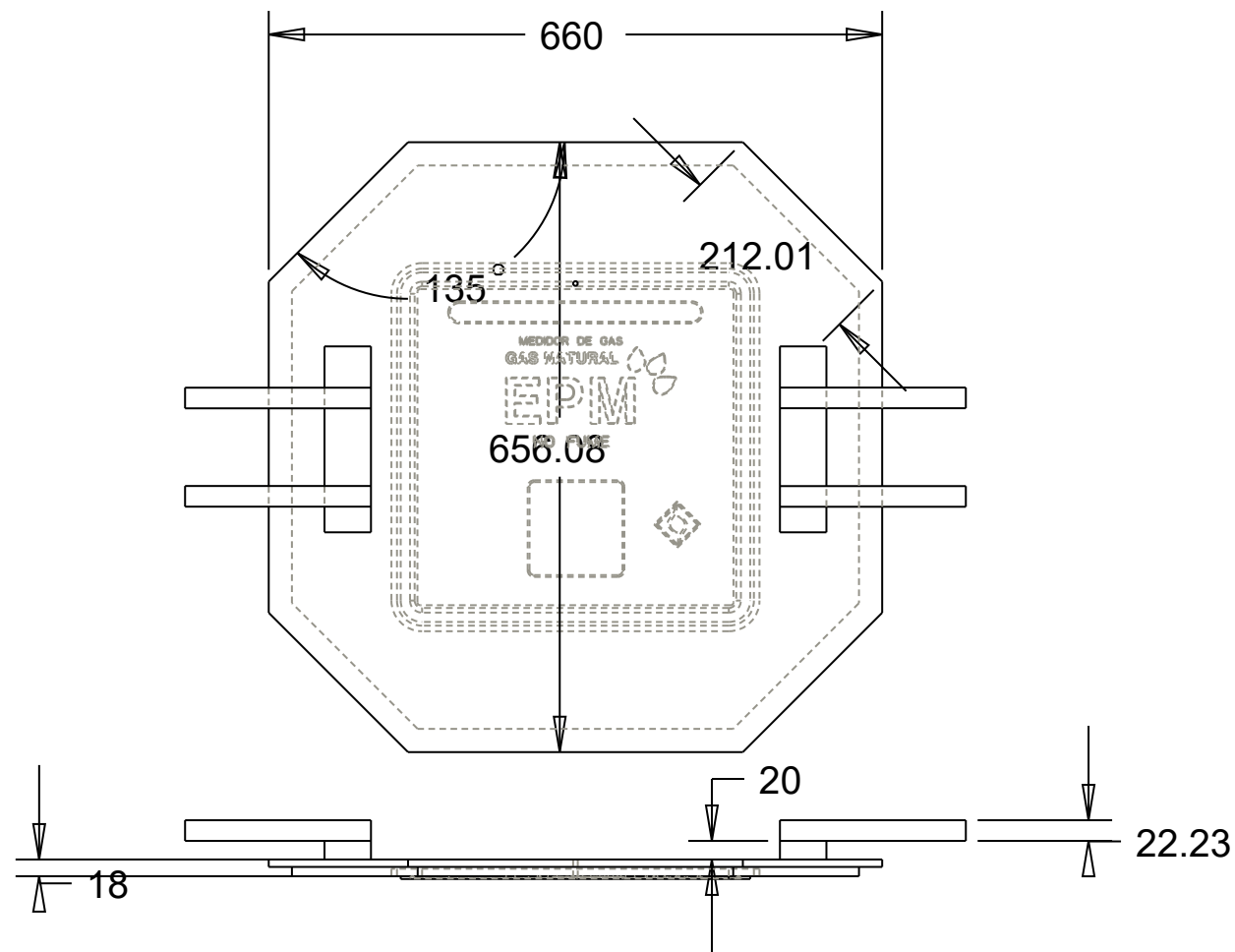


Dimensiones generales en M p 1.1.1  
Los detalles del aviso informativo  
y del logo se encuentran en los  
planos G 1.1.2 y G1.2.3



CRA 49 # 7 SUR - 50  
TEL: 2619500

Proyecto: Gabinetes medidores de gas en PRFV						
Ensamble: Molde puerta						
Pieza: Isométrico pieza A molde puerta			REVISION	NOMBRE	FIRMA	FECHA
Escala: 1 : 5			DIBUJO: ANDRES HERNANDEZ			
Unidades: mm			DISEÑO: ANDRES HERNANDEZ			
Formato: A4			APROBO:			
Sistema: 			LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE PLANO NO PUEDE SER USADA NI REPRODUCIDA SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL AUTOR.			
Fecha: Octubre/2006			Plano : M P 1.1			



CRA 49 # 7 SUR - 50

TEL: 2619500

Proyecto:  
Gabinetes medidores de gas en PRFV

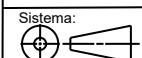
Ensamble:  
Molde puerta

Pieza:  
Detalle pieza A molde puerta

Escala:  
1 : 8

Unidades:  
mm

Formato:  
A4



Fecha:  
Octubre/2006

Plano :  
MP 1.1.1

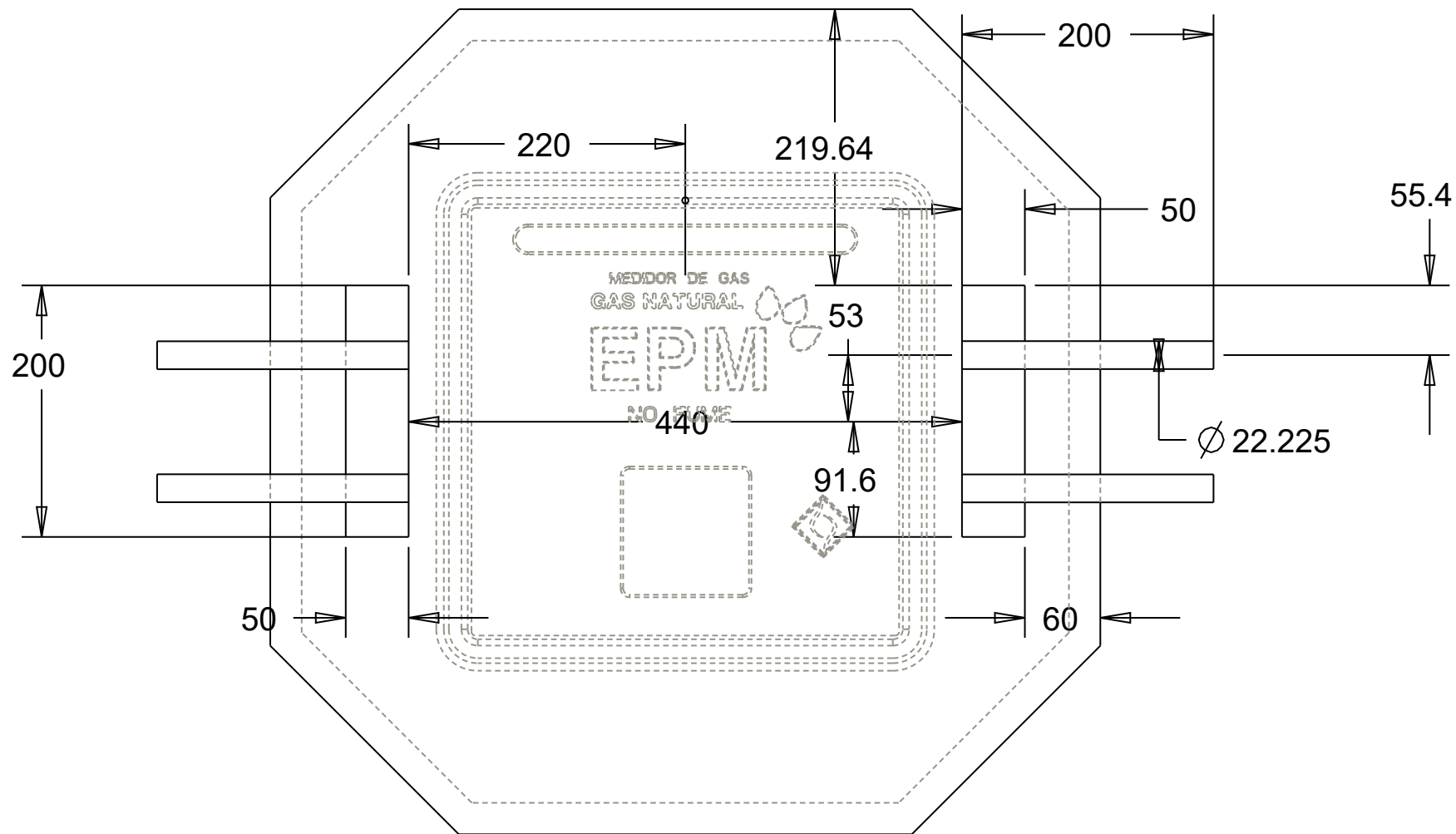
REVISION	NOMBRE	FIRMA	FECHA

DIBUJO: ANDRES HERNANDEZ

DISEÑO: ANDRES HERNANDEZ

APROBO:

LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE  
PLANO NO PUEDE SER USADA NI  
REPRODUCIDA SIN AUTORIZACIÓN  
ESCRITA DEL AUTOR.



CRA 49 # 7 SUR - 50

TEL: 2619500

Proyecto:  
Gabinetes medidores de gas en PRFV

Ensamble:

Molde puerta

Pieza:

Detalle ubicación manillares

Escala:

1 : 5

Unidades:  
mm

Formato:

A4

Sistema:



Fecha:  
Octubre/2006

Plano :

M P 1.1.2

REVISION	NOMBRE	FIRMA	FECHA

DIBUJO: ANDRES HERNANDEZ

DISEÑO: ANDRES HERNANDEZ

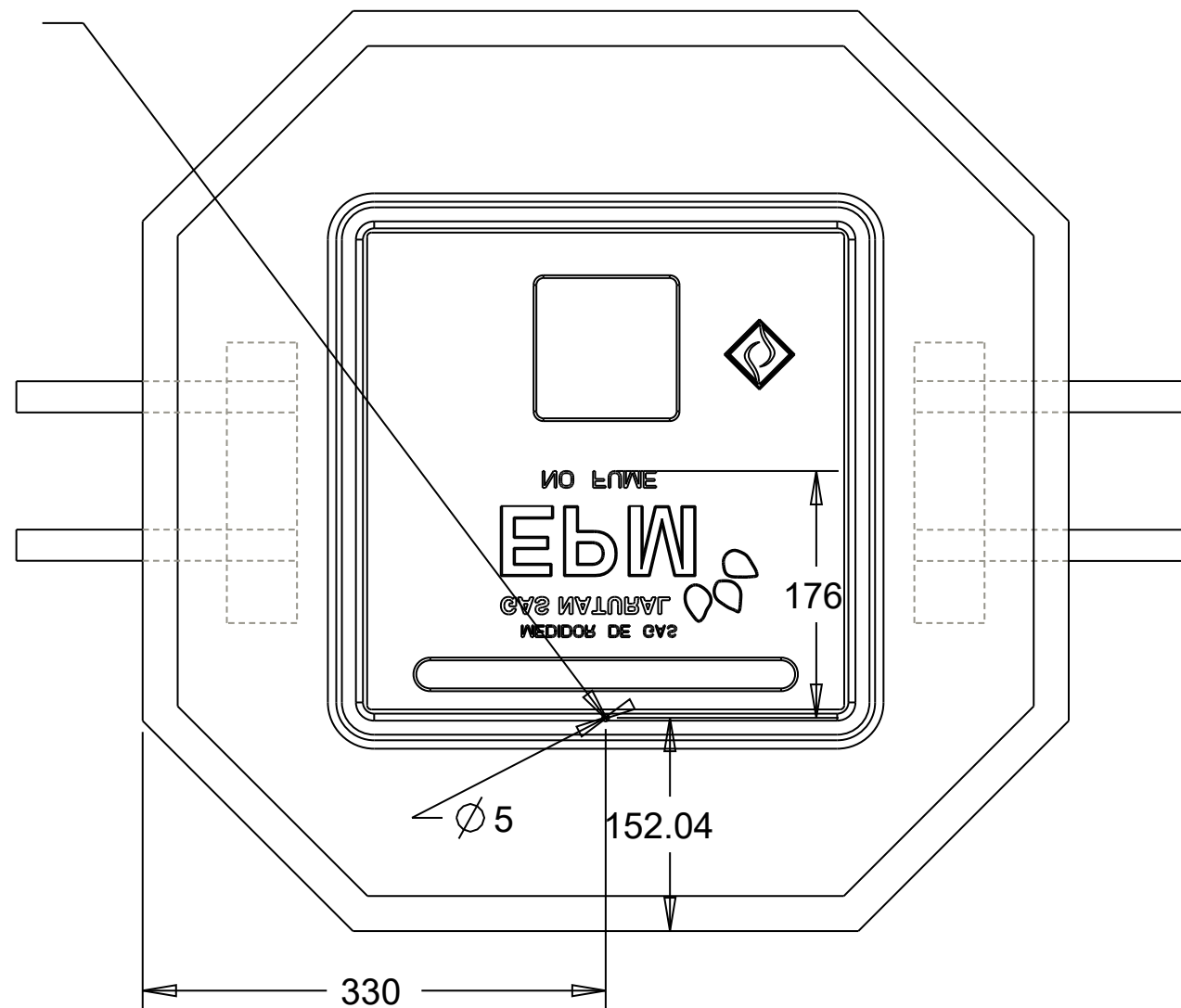
APROBO:

LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE  
PLANO NO PUEDE SER USADA NI  
REPRODUCIDA SIN AUTORIZACIÓN  
ESCRITA DEL AUTOR.

En esta perforación  
pasante se instala la  
pieza 11 con PRFV,  
asegurando que queda  
libre la perforación.

Este es el punto de  
conexión de la vacuum

pot.



CRA 49 # 7 SUR - 50

TEL: 2619500

Proyecto:  
Gabinetes medidores de gas en PRFV

Ensamble:

Molde puerta

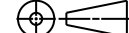
Pieza:

Detalle ubicación conector pieza A

Escala:

1 : 5

Sistema:



Unidades:  
mm

Formato:

A4

Fecha:

Octubre/2006

Plano :

MP 1.1.3

REVISION	NOMBRE	FIRMA	FECHA

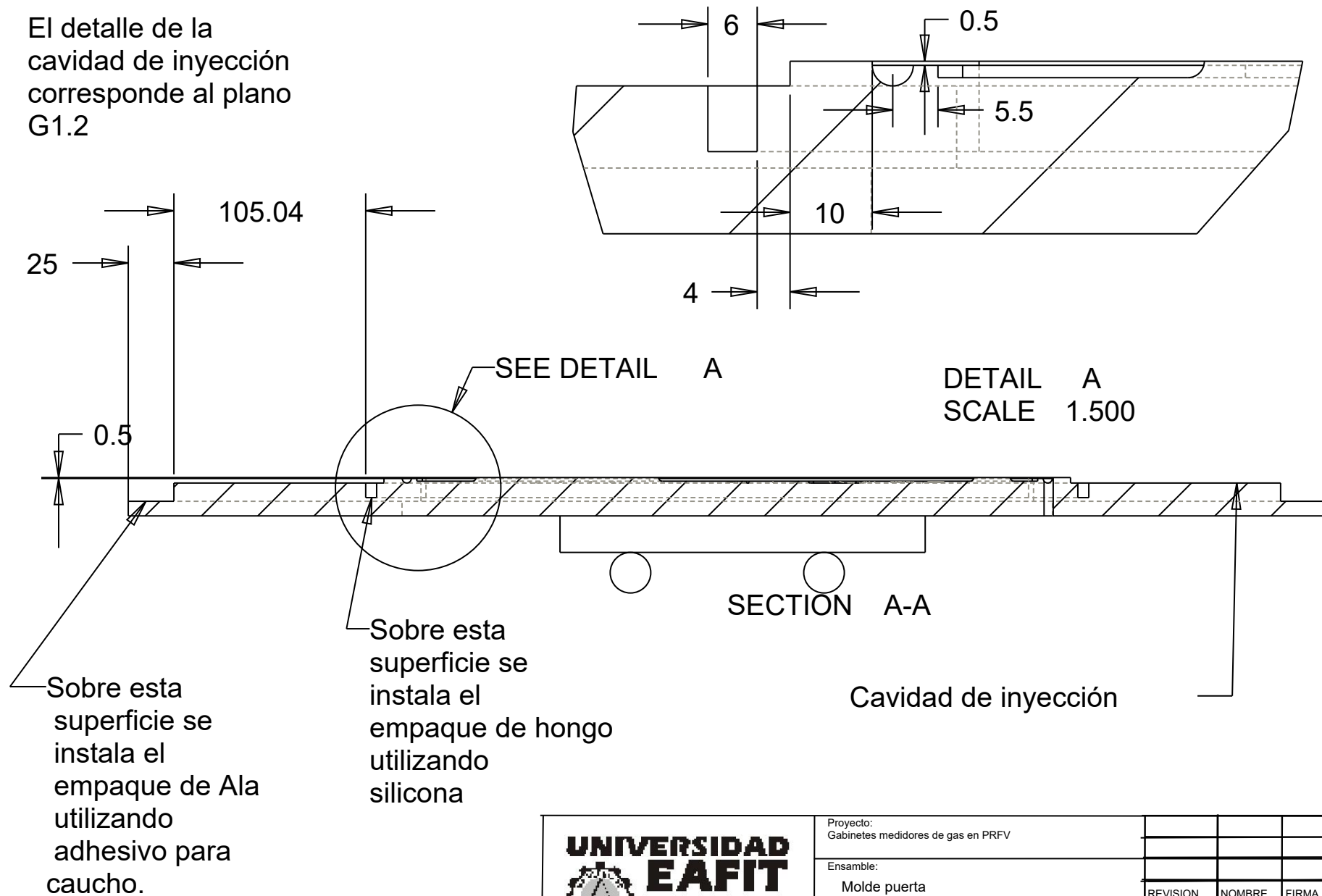
DIBUJO: ANDRES HERNANDEZ

DISEÑO: ANDRES HERNANDEZ

APROBO:

LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE  
PLANO NO PUEDE SER USADA NI  
REPRODUCIDA SIN AUTORIZACIÓN  
ESCRITA DEL AUTOR.

El detalle de la  
cavidad de inyección  
corresponde al plano  
G1.2



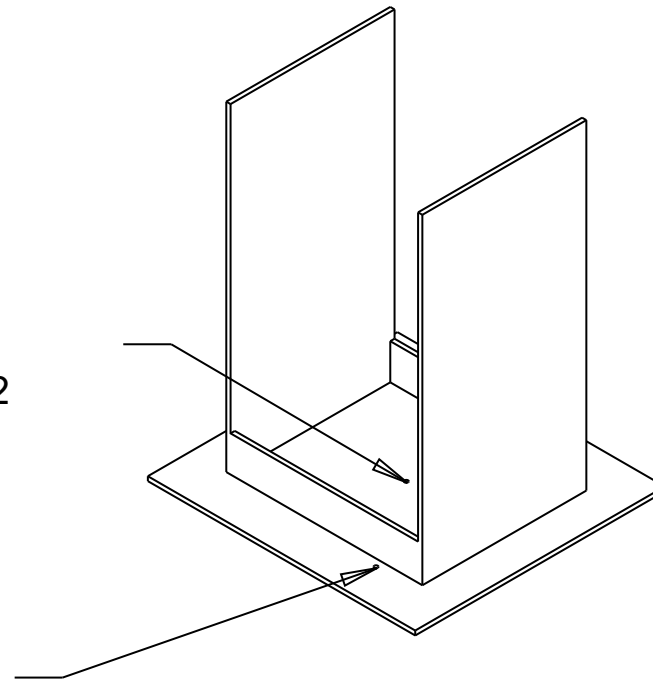
CRA 49 # 7 SUR - 50

TEL: 2619500

Proyecto: Gabinetes medidores de gas en PRFV						
Ensamble: Molde puerta						
Pieza: Detalle cavidades para empaques			REVISION	NOMBRE	FIRMA	FECHA
Escala: 1 : 3			DIBUJO: ANDRES HERNANDEZ			
Unidades: mm			DISEÑO: ANDRES HERNANDEZ			
Formato: A4			APROBO:			
Sistema: 			LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE PLANO NO PUEDE SER USADA NI REPRODUCIDA SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL AUTOR.			
Fecha: Octubre/2006			Plano : MP 1.1.4			



Punto conexión Auto sprue  
Detalle en MP 1.2.2



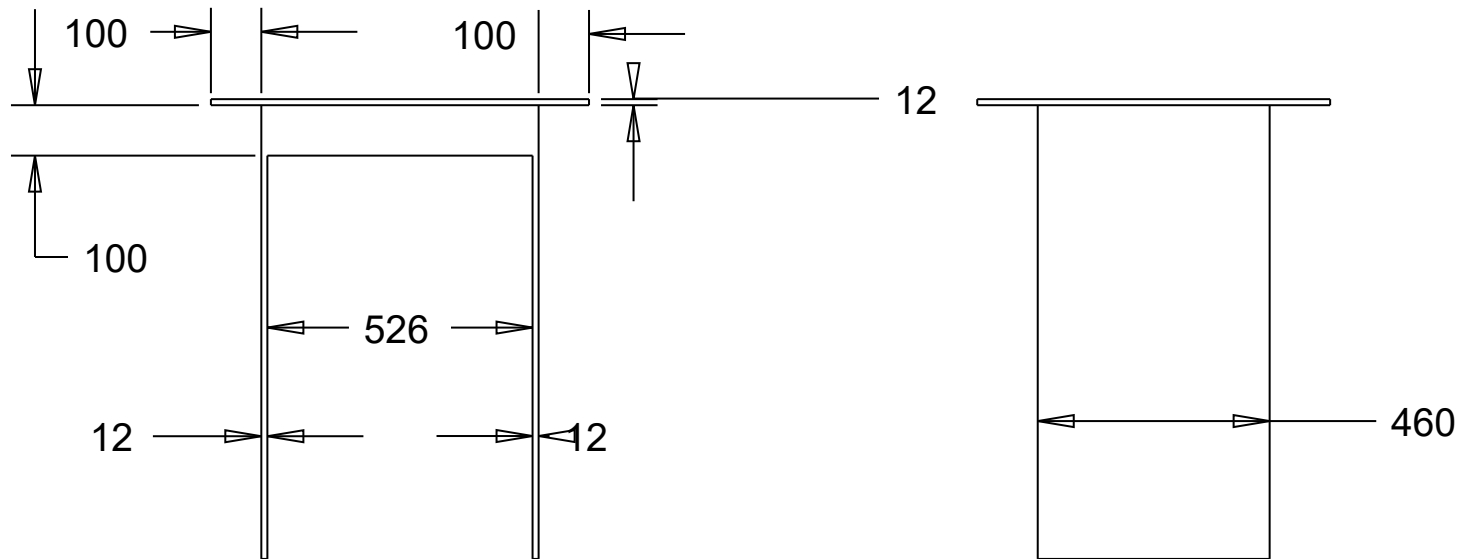
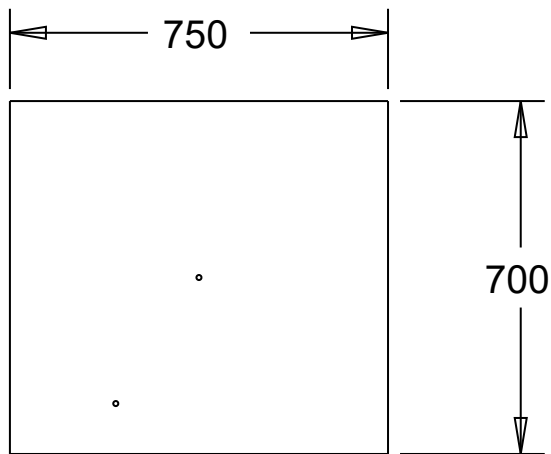
Punto instalación  
pieza 12 y conexión  
manguera vacío  
flanche. El  
conector se fija  
con PRFV  
alineandolo con la  
perforación y  
asegurando que no  
se bloquee el  
agujero.  
Detalle en Mp 1.2.2

Dimensiones generales en M p 1.1.1  
Los detalles del aviso informativo  
y del logo se encuentran en los  
planos G 1.1.2 y G1.2.3



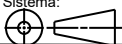
CRA 49 # 7 SUR - 50  
TEL: 2619500

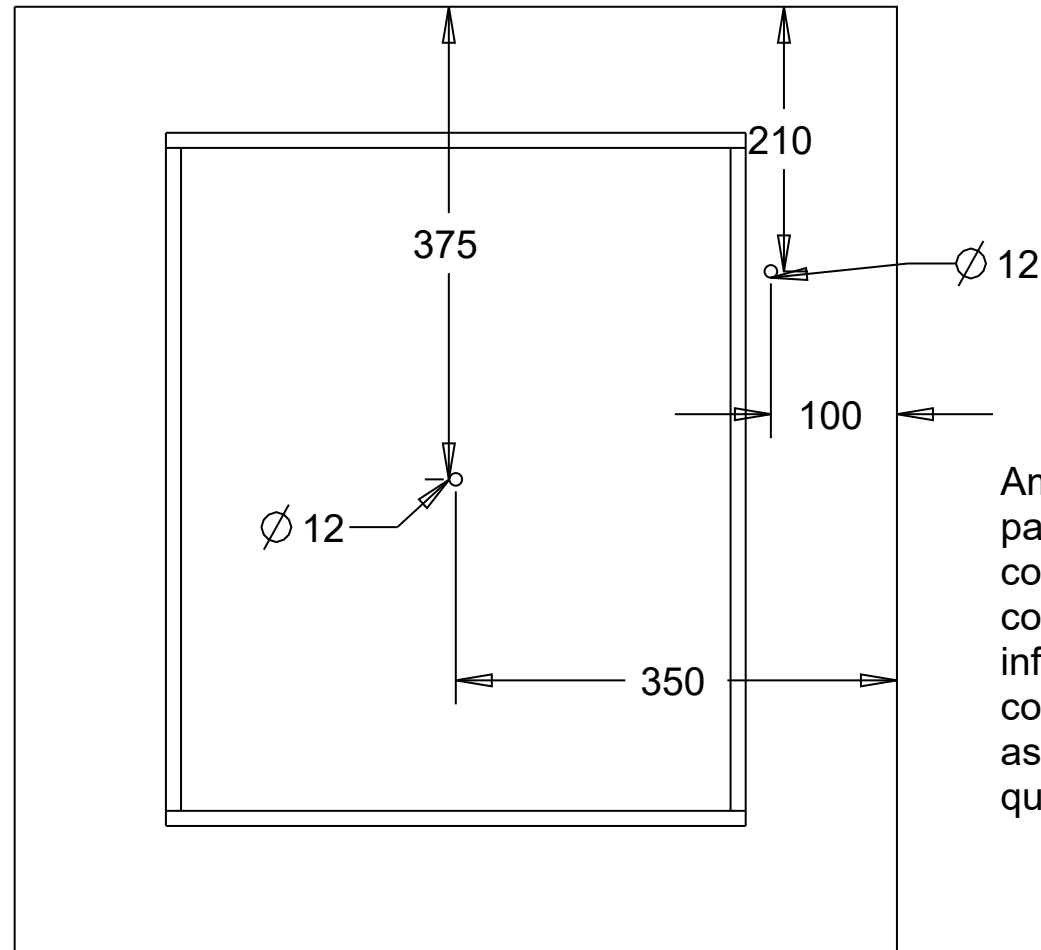
Proyecto: Gabinetes medidores de gas en PRFV						
Ensamble: Molde puerta						
Pieza: Isométrico Mesa de inyección puerta			REVISION	NOMBRE	FIRMA	FECHA
			DIBUJO: ANDRES HERNANDEZ			
			DISEÑO: ANDRES HERNANDEZ			
Escala: 1 : 15	Unidades: mm	Formato: A4	APROBO:			
Sistema: 	Fecha: Octubre/2006	Plano : M P 1.2	LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE PLANO NO PUEDE SER USADA NI REPRODUCIDA SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL AUTOR.			



CRA 49 # 7 SUR - 50

TEL: 2619500

Proyecto: Gabinetes medidores de gas en PRFV						
Ensamble: Molde puerta						
Pieza: Detalle mesa de inyección			REVISION	NOMBRE	FIRMA	FECHA
Escala: 1 : 15			DIBUJO: ANDRES HERNANDEZ			
Unidades: mm			DISEÑO: ANDRES HERNANDEZ			
Formato: A4			APROBO:			
Sistema: 			LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE PLANO NO PUEDE SER USADA NI REPRODUCIDA SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL AUTOR.			
Fecha: Octubre/2006			Plano : MP 1.2.1			



Ambos agujeros son pasantes. Los conectores se fijan con PRFV por el lado inferior, alineados con el agujero asegurando que este quede libre.



CRA 49 # 7 SUR - 50  
TEL: 2619500

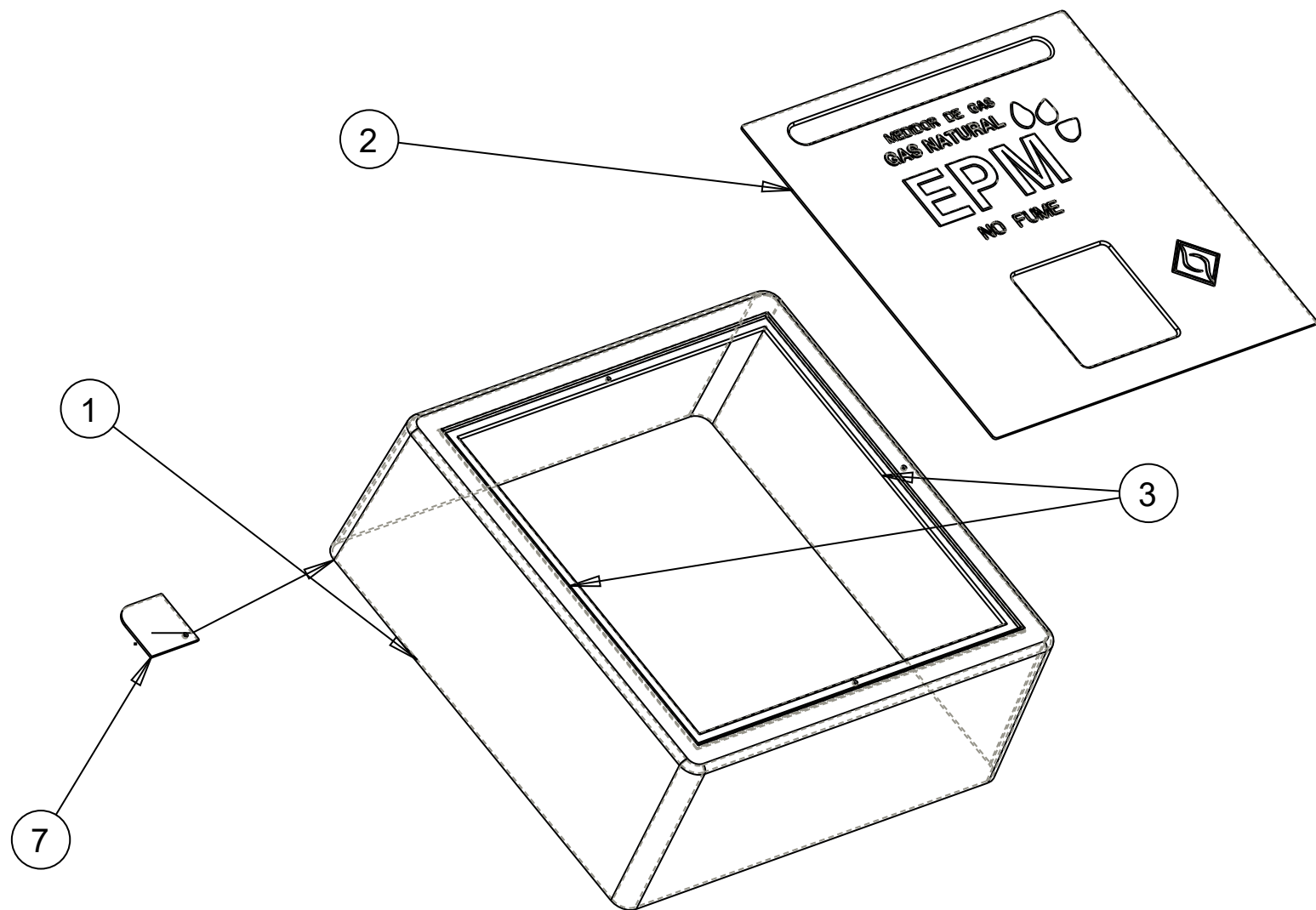
Proyecto: Gabinetes medidores de gas en PRFV						
Ensamble: Molde puerta						
Pieza: Detalle ubicación conectores mesa			REVISION	NOMBRE	FIRMA	FECHA
Escala: 1 : 6			DIBUJO: ANDRES HERNANDEZ			
Unidades: mm			DISEÑO: ANDRES HERNANDEZ			
Formato: A4			APROBO:			
Sistema: 			LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE PLANO NO PUEDE SER USADA NI REPRODUCIDA SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL AUTOR.			
Fecha: Octubre/2006			Plano : M P 1.2.2			

Lista de planos para manufactura			
Objeto	Gabinete	Fecha	10.09.2006
Versión	1.0	Responsable	Andrés Hernández
Plano	Descripción		
<b>G d</b>	<b>Diagrama organización planos</b>		
G 1	Plano de ensamble		
G 1.1	Gabinete		
G 1.1.1	Detalle agujeros frontal y puerta		
G 1.1.2	Detalle agujeros puerta		
G 1.1.3	Detalle placas posteriores		
G 1.1.4	Vista de isométrico		
G 1.1.4	Vista de corte		
G 1.1.5	Preforma F1		
G 1.1.6	Preforma F2		
G 1.1.7	Montaje Preforma		
G 1.2	Puerta		
G 1.2.1	Detalle agujeros		
G 1.2.2	Detalle letras		
G 1.2.3	Detalle logo		
G 1.2.4	Vista de isométrico		
G 1.2.5	Preforma G1G2		
G 1.2.6	Montaje Preforma		
G 1.3	Detalle corte de preformas del rollo		
G 3	Listado de partes comerciales		
G 2	Lista de partes		



CRA 49 # 7 SUR - 50  
TEL: 2619500

Proyecto: Gabinetes medidores de gas en PRFV						
Ensamble: Gabinete						
Pieza: Diagrama de planos			REVISION	NOMBRE	FIRMA	FECHA
Escala: 1 : 5			DIBUJO: ANDRES HERNANDEZ			
Unidades: mm			DISEÑO: ANDRES HERNANDEZ			
Formato: A4			APROBO:			
Sistema: 			LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE PLANO NO PUEDE SER USADA NI REPRODUCIDA SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL AUTOR.			
Fecha: Octubre/2006			Plano : G d			



CRA 49 # 7 SUR - 50

TEL: 2619500

Proyecto:  
Gabinetes medidores de gas en PRFV

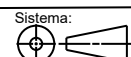
Ensamble:  
Gabinete

Pieza:  
Plano de ensamble

Escala:  
1 : 5

Unidades:  
mm

Formato:  
A4



Fecha:  
Octubre/2006

Plano :  
G 1

REVISION	NOMBRE	FIRMA	FECHA

DIBUJO: ANDRES HERNANDEZ

DISEÑO: ANDRES HERNANDEZ


APROBO:

LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE  
PLANO NO PUEDE SER USADA NI  
REPRODUCIDA SIN AUTORIZACIÓN  
ESCRITA DEL AUTOR.

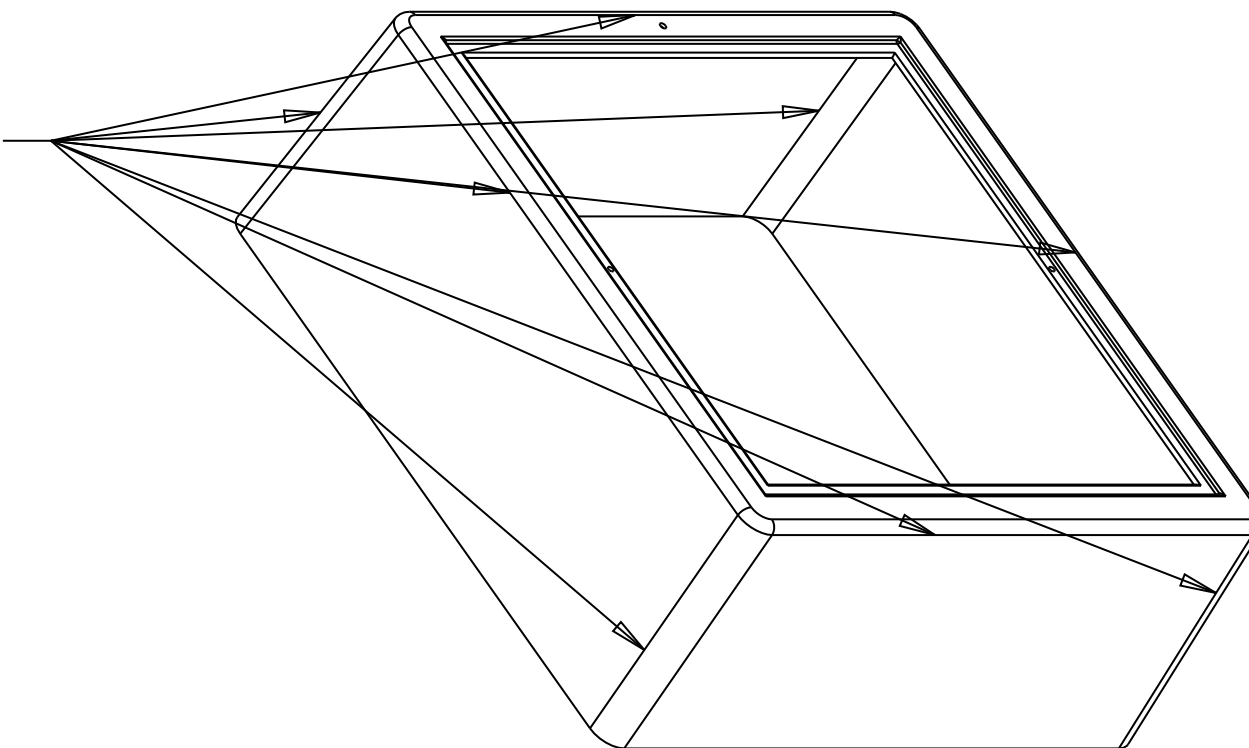
Lista de partes G2			
Objeto	Molde puerta gabinetes	Fecha	25.09.2006
Versión	1.0	Responsable	Andrés Hernández
1	Gabinete	1	PRFV
2	Puerta	1 de 3m	PRFV
3	Tomillo puerta	1 de 2,5m	Acero
4	Correilla puerta	1	Nylon
5	Preforma F1 gabinete	1 de 3m	Fibra de vidrio
6	Preforma F2 gabinete	1 de 3m	Fibra de vidrio
7	Placas sujeción a pared	1 de 3m	PRFV
8	Preforma puerta G1	2	Fibra de vidrio



CRA 49 # 7 SUR - 50  
TEL: 2619500

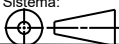
Proyecto: Gabinetes medidores de gas en PRFV					
Ensamble: Gabinete					
Pieza: Lista de partes		REVISION	NOMBRE	FIRMA	FECHA
		DIBUJO: ANDRES HERNANDEZ			
		DISEÑO: ANDRES HERNANDEZ			
Escala:	Unidades: mm	Formato: A4	APROBO:		
Sistema: 	Fecha: Octubre/2006	Plano : G 2	LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE PLANO NO PUEDE SER USADA NI REPRODUCIDA SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL AUTOR.		

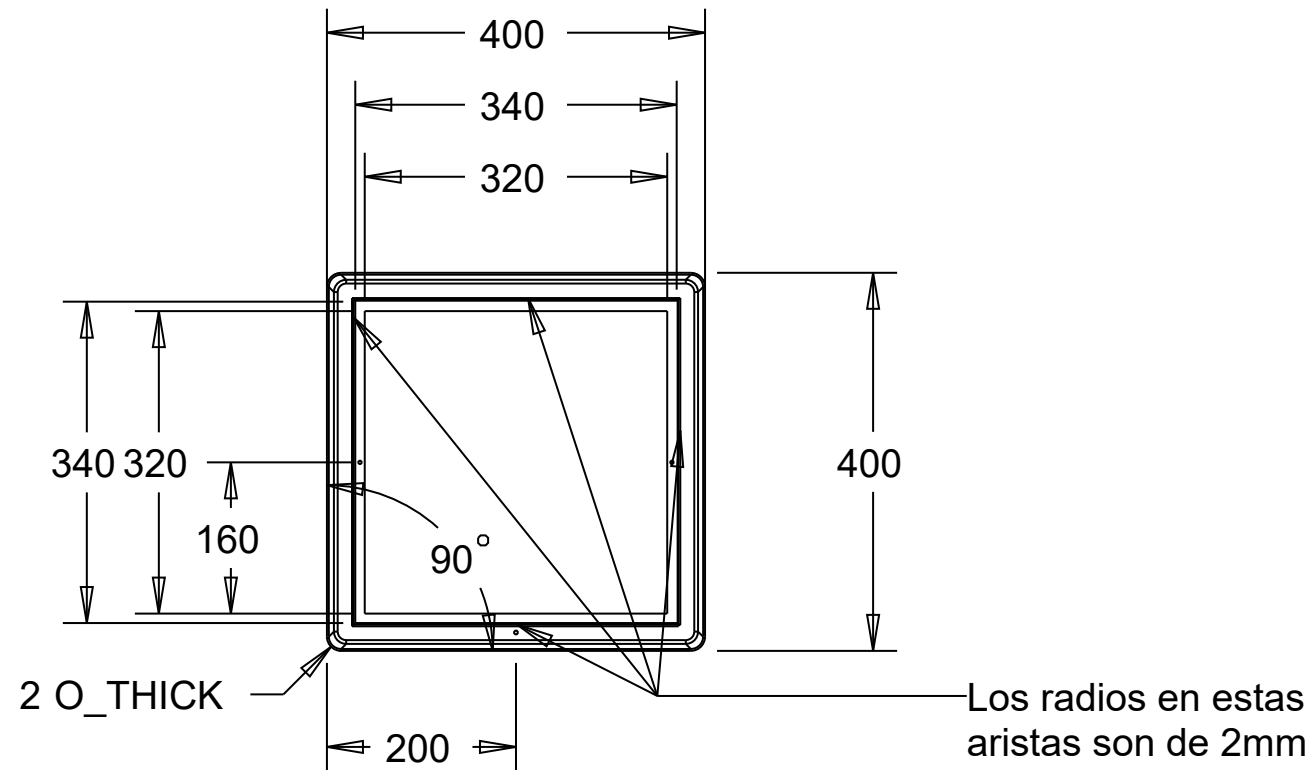
Radio 15mm




CRA 49 # 7 SUR - 50

TEL: 2619500

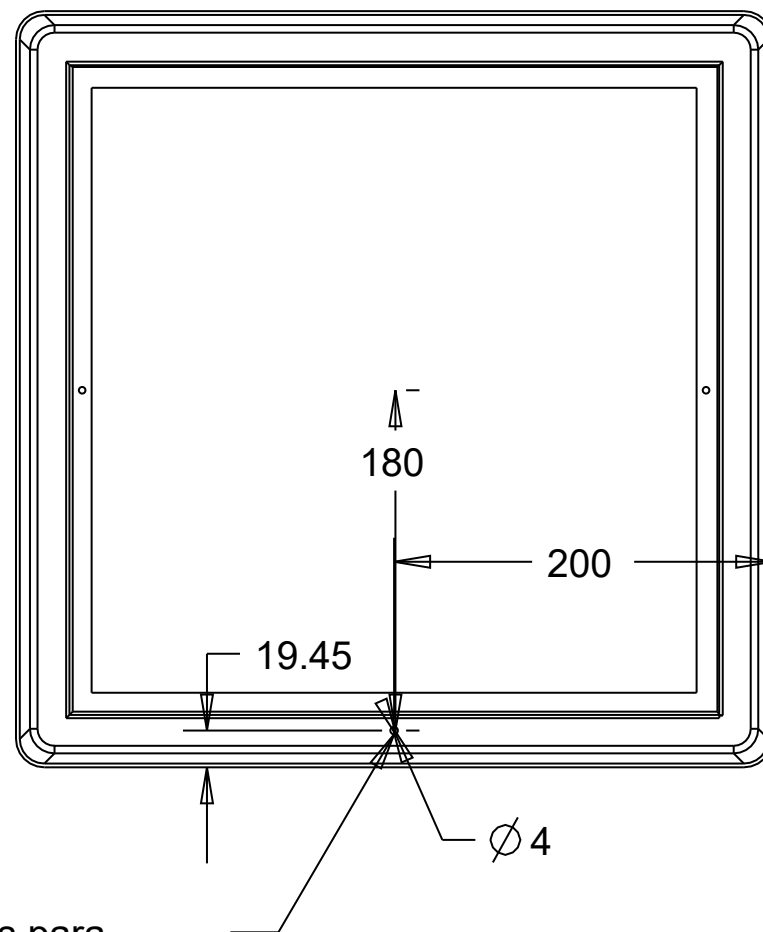
Proyecto: Gabinetes medidores de gas en PRFV						
Ensamble: Gabinete						
Pieza: Isométrico			REVISION	NOMBRE	FIRMA	FECHA
			DIBUJO: ANDRES HERNANDEZ			
			DISEÑO: ANDRES HERNANDEZ			
Escala: 1 : 4	Unidades: mm	Formato: A4	APROBO:			
Sistema: 	Fecha: Octubre/2006	Plano : G 1.1	LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE PLANO NO PUEDE SER USADA NI REPRODUCIDA SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL AUTOR.			



CRA 49 # 7 SUR - 50  
TEL: 2619500

Proyecto: Gabinetes medidores de gas en PRFV						
Ensamble:						
Gabinete			REVISION	NOMBRE	FIRMA	FECHA
Pieza:			DIBUJO: ANDRES HERNANDEZ			
Detalle gabinete			DISEÑO: ANDRES HERNANDEZ			
Escala:	Unidades:	Formato:	APROBO:			
1 : 8	mm	A4	LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE PLANO NO PUEDE SER USADA NI REPRODUCIDA SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL AUTOR.			
Sistema:	Fecha:	Plano :				
	Octubre/2006	G 1.1.1				





este agujero es para  
evacuar el agua que  
entre al gabinete y  
evitar que se  
acumule.

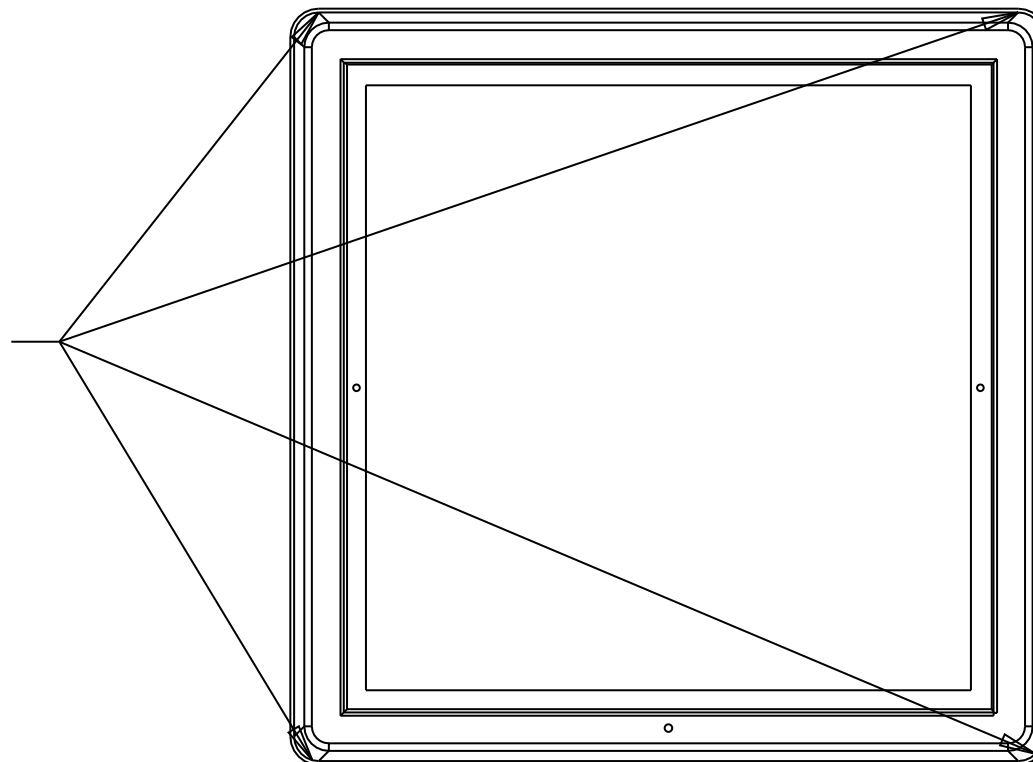


CRA 49 # 7 SUR - 50

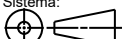
TEL: 2619500

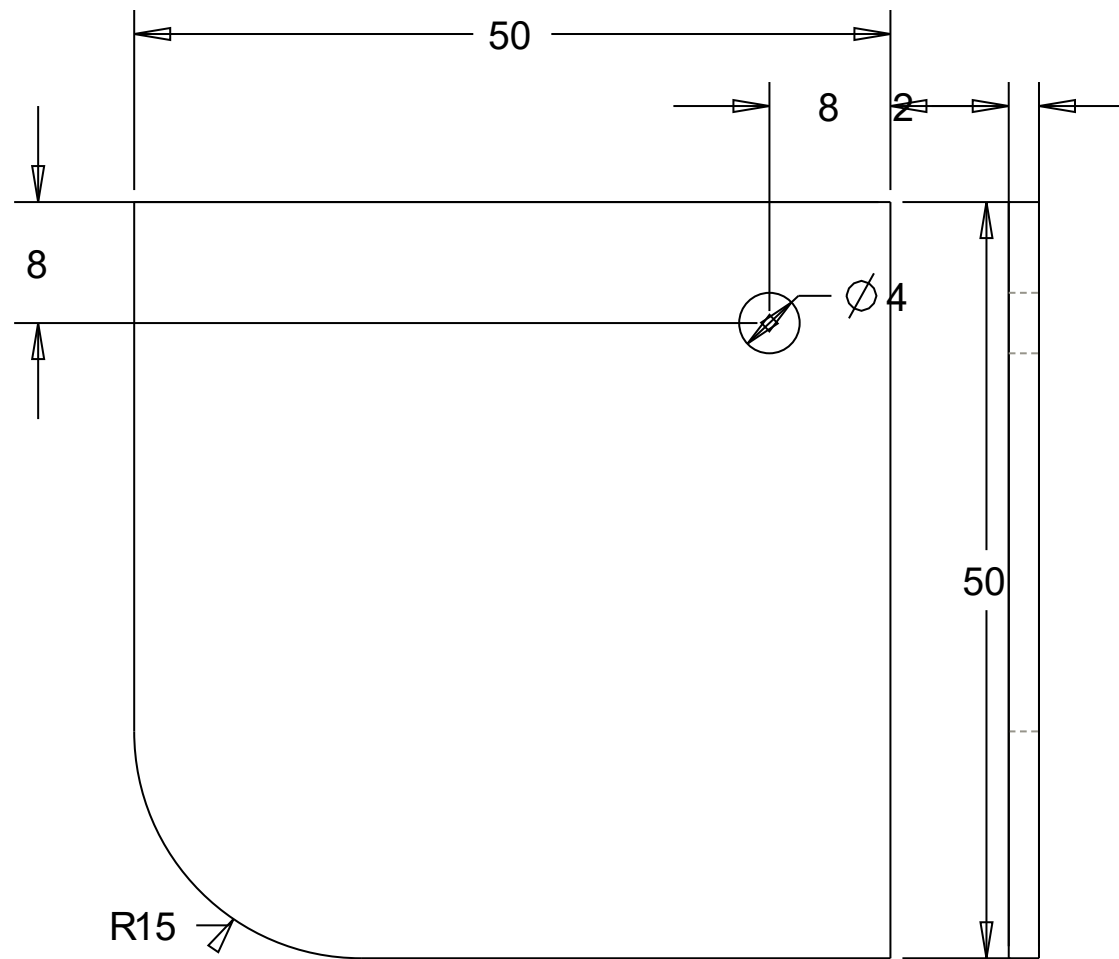
Proyecto: Gabinetes medidores de gas en PRFV						
Ensamble: Gabinete						
Pieza: Detalle agujero frontal			REVISION	NOMBRE	FIRMA	FECHA
			DIBUJO: ANDRES HERNANDEZ			
			DISEÑO: ANDRES HERNANDEZ			
Escala: 1 : 4	Unidades: mm	Formato: A4	APROBO:			
Sistema: 	Fecha: Octubre/2006	Plano : G 1.1.2	LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE PLANO NO PUEDE SER USADA NI REPRODUCIDA SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL AUTOR.			

En estos puntos se instalan  
las placas posteriores del  
plano G1.1.4 Se disponen  
sobre una superficie plana y  
se fijan con masilla de PRFV



CRA 49 # 7 SUR - 50  
TEL: 2619500

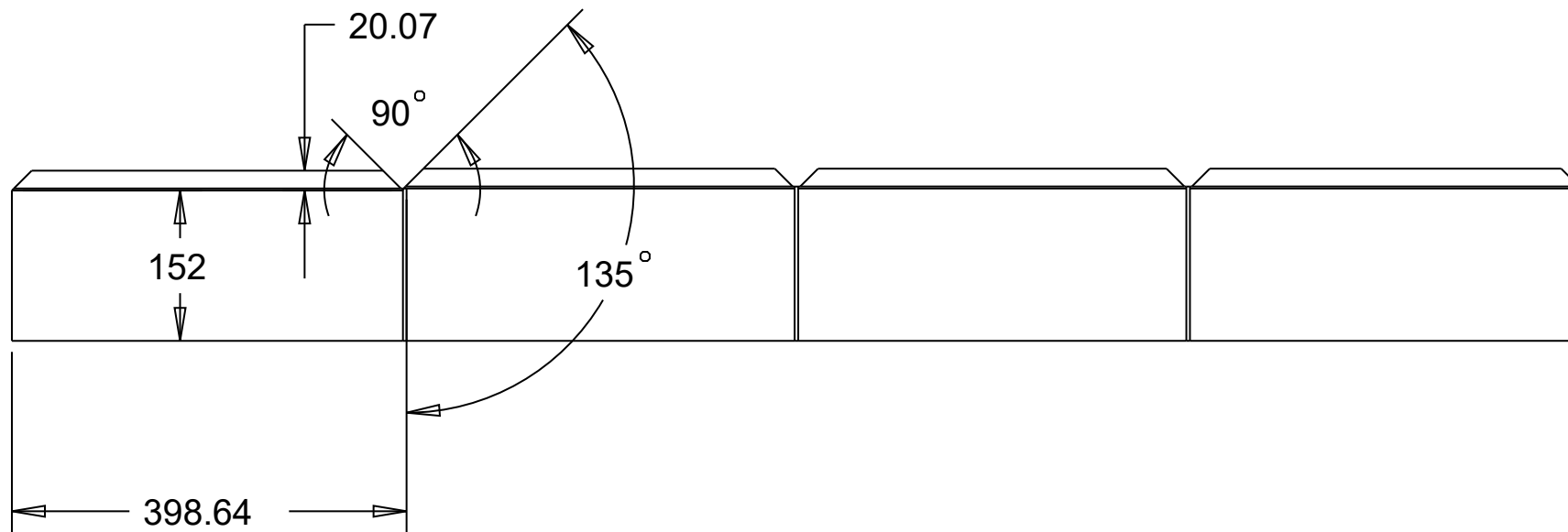
Proyecto: Gabinetes medidores de gas en PRFV						
Ensamble: Gabinete						
Pieza: Detalle placas posteriores			REVISION	NOMBRE	FIRMA	FECHA
			DIBUJO: ANDRES HERNANDEZ			
			DISEÑO: ANDRES HERNANDEZ			
Escala: 1 : 8	Unidades: mm	Formato: A4	APROBO:			
Sistema: 	Fecha: Octubre/2006	Plano : G 1.1.3	LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE PLANO NO PUEDE SER USADA NI REPRODUCIDA SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL AUTOR.			



CRA 49 # 7 SUR - 50

TEL: 2619500

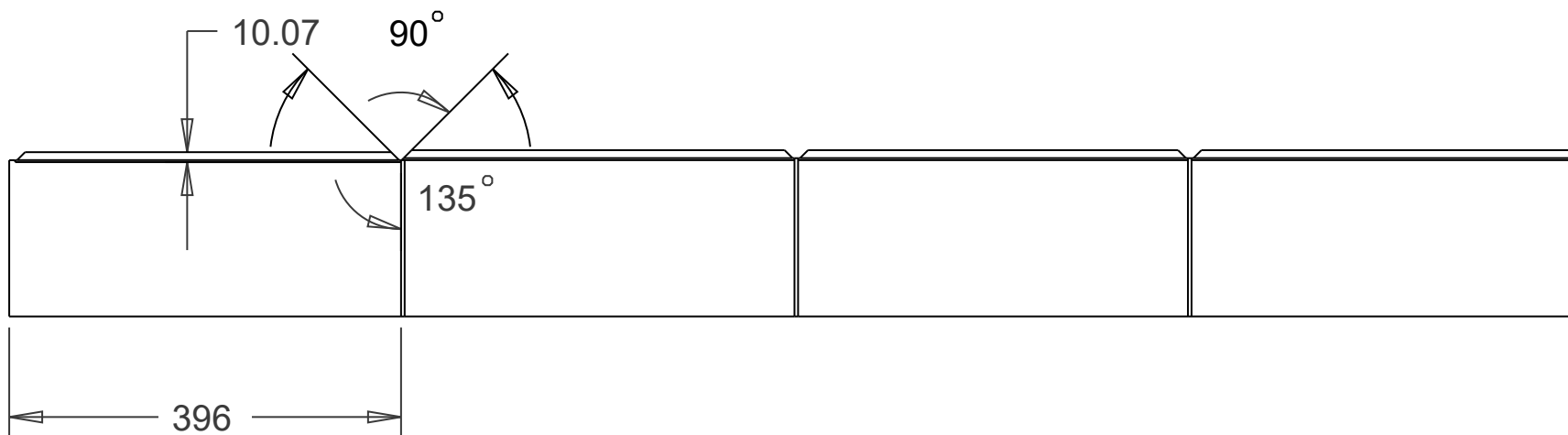
Proyecto: Gabinetes medidores de gas en PRFV						
Ensamble: Gabinete						
Pieza: Placas sujeción a pared			REVISION	NOMBRE	FIRMA	FECHA
Escala: 2 : 1			DIBUJO: ANDRES HERNANDEZ			
Unidades: mm			DISEÑO: ANDRES HERNANDEZ			
Formato: A4			APROBO:			
Sistema:			LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE PLANO NO PUEDE SER USADA NI REPRODUCIDA SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL AUTOR.			
Fecha: Octubre/2006			Plano : G 1.1.4			



CRA 49 # 7 SUR - 50

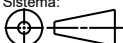
TEL: 2619500

Proyecto: Gabinetes medidores de gas en PRFV						
Ensamble: Gabinete						
Pieza: Preforma F1			REVISION	NOMBRE	FIRMA	FECHA
Escala: 1 : 7			DIBUJO: ANDRES HERNANDEZ			
Unidades: mm			DISEÑO: ANDRES HERNANDEZ			
Formato: A4			APROBO:			
Sistema:			LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE PLANO NO PUEDE SER USADA NI REPRODUCIDA SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL AUTOR.			
Fecha: Octubre/2006						
Plano : G 1.1.5						

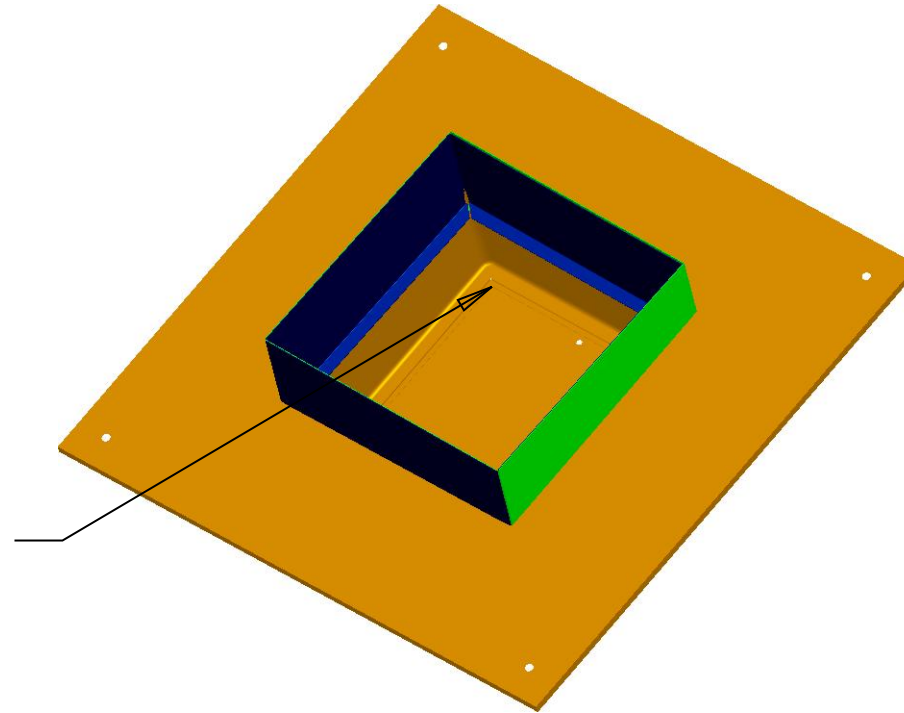


CRA 49 # 7 SUR - 50

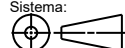
TEL: 2619500

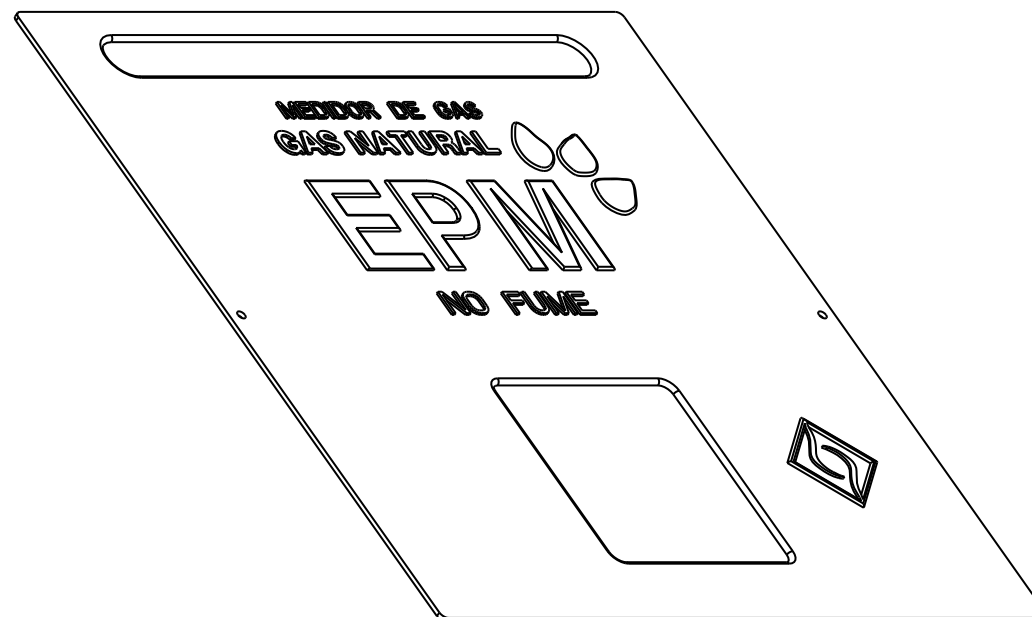
Proyecto: Gabinetes medidores de gas en PRFV						
Ensamble: Gabinete						
Pieza: Preforma F2			REVISION	NOMBRE	FIRMA	FECHA
Escala: 1 : 7			DIBUJO: ANDRES HERNANDEZ			
Unidades: mm			DISEÑO: ANDRES HERNANDEZ			
Formato: A4			APROBO:			
Sistema: 			LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE PLANO NO PUEDE SER USADA NI REPRODUCIDA SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL AUTOR.			
Fecha: Octubre/2006			Plano : G 1.1.6			

Las preformas se insertan  
juntas en la pieza A del  
molde ajustandose en las  
paredes y en el fondo.  
en el fondo la preforma  
F1 sobresale en el  
centro conformando la  
pestaña para la puerta  
por lo que antes de  
insertarse, se ve mas  
ancha que la F2



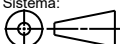
CRA 49 # 7 SUR - 50  
TEL: 2619500

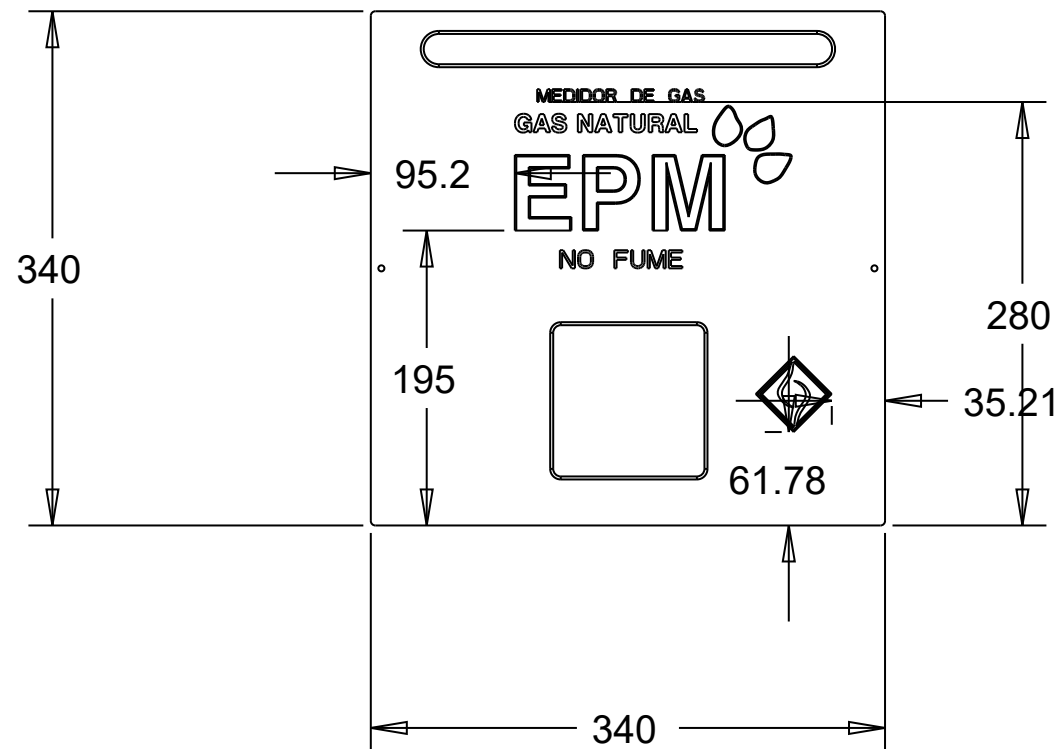
Proyecto: Gabinetes medidores de gas en PRFV						
Ensamble: Gabinete						
Pieza: Inserción preforma gabinete - molde			REVISION	NOMBRE	FIRMA	FECHA
			DIBUJO: ANDRES HERNANDEZ			
			DISEÑO: ANDRES HERNANDEZ			
Escala: 1 : 10	Unidades: mm	Formato: A4	APROBO:			
Sistema: 	Fecha: Octubre/2006	Plano : G 1.1.7	LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE PLANO NO PUEDE SER USADA NI REPRODUCIDA SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL AUTOR.			



CRA 49 # 7 SUR - 50

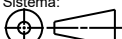
TEL: 2619500

Proyecto: Gabinetes medidores de gas en PRFV						
Ensamble: Gabinete						
Pieza: Isométrico puerta			REVISION	NOMBRE	FIRMA	FECHA
Escala: 1 : 3			DIBUJO: ANDRES HERNANDEZ			
Unidades: mm			DISEÑO: ANDRES HERNANDEZ			
Formato: A4			APROBO:			
Sistema: 			LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE PLANO NO PUEDE SER USADA NI REPRODUCIDA SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL AUTOR.			
Fecha: Octubre/2006			Plano : G 1.2			

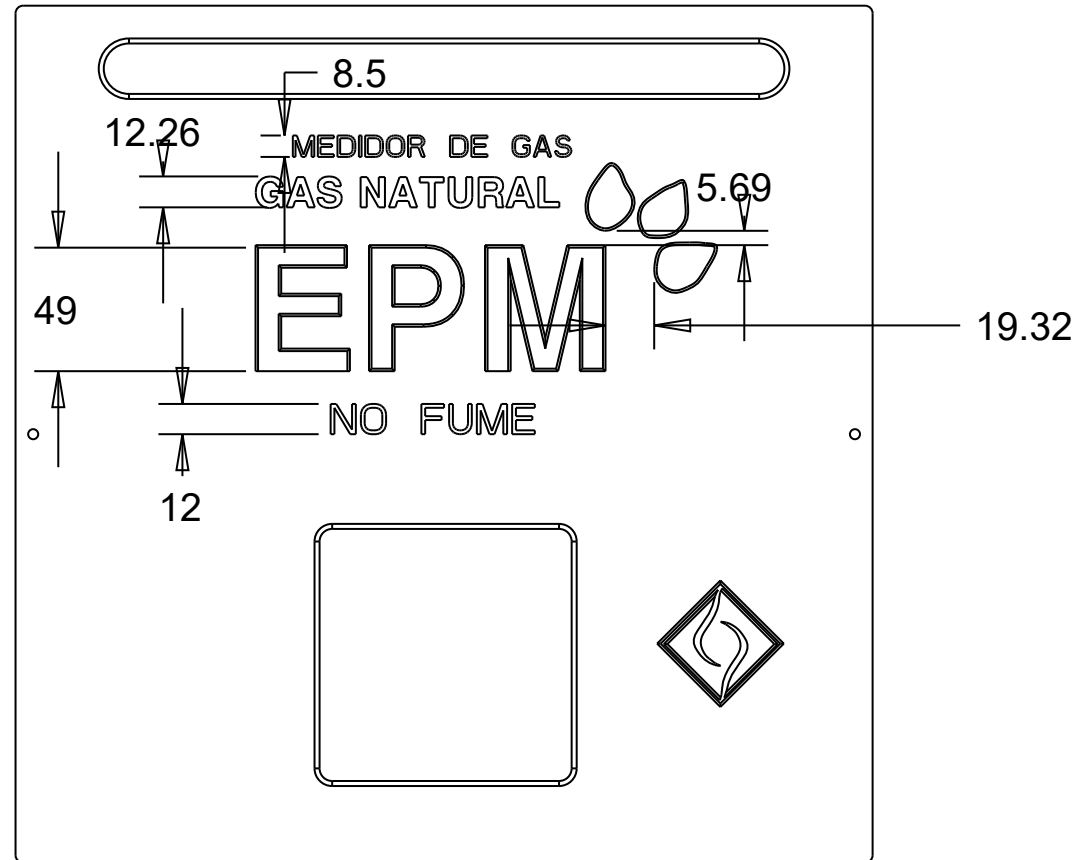


CRA 49 # 7 SUR - 50

TEL: 2619500

Proyecto: Gabinetes medidores de gas en PRFV						
Ensamble: Gabinete						
Pieza: Puerta			REVISION	NOMBRE	FIRMA	FECHA
Escala: 1 : 5			DIBUJO: ANDRES HERNANDEZ			
Unidades: mm			DISEÑO: ANDRES HERNANDEZ			
Formato: A4			APROBO:			
Sistema: 			LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE PLANO NO PUEDE SER USADA NI REPRODUCIDA SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL AUTOR.			
Fecha: Octubre/2006			Plano : G 1.2.1			

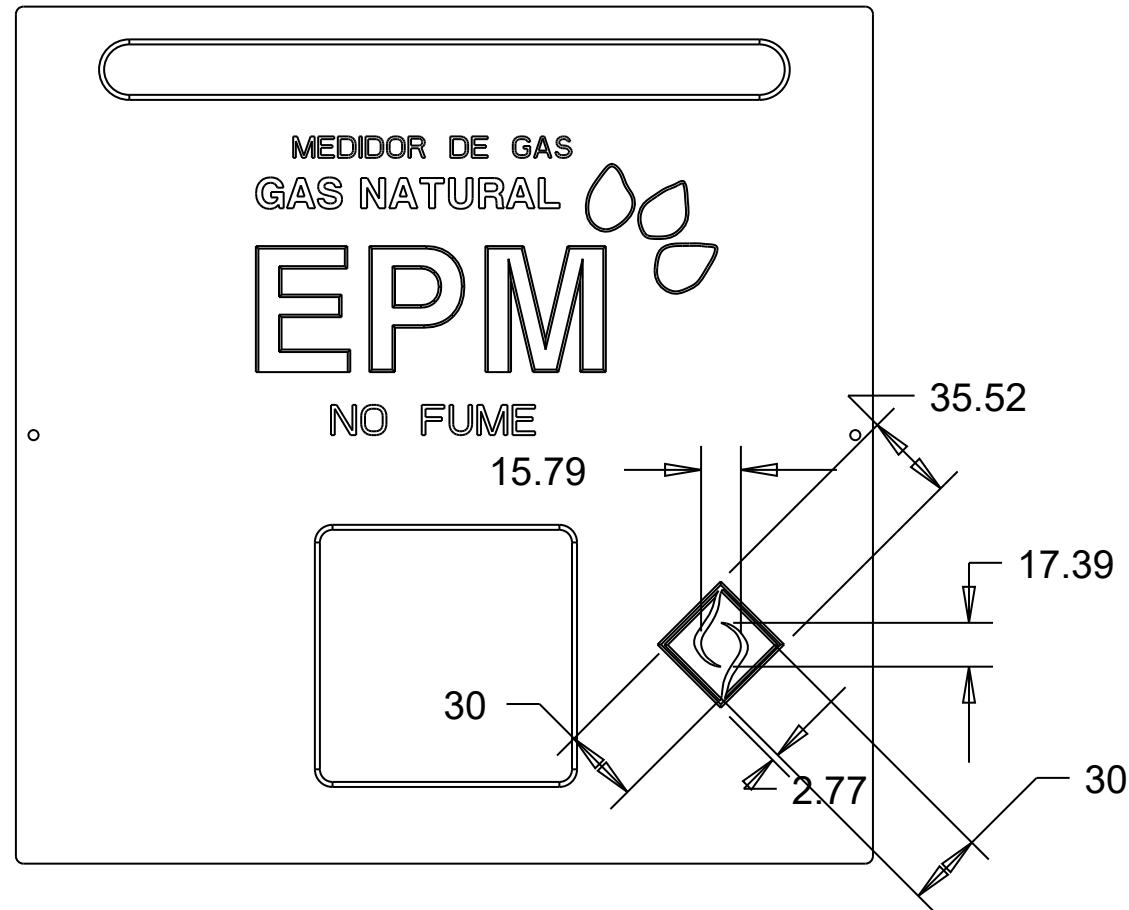




CRA 49 # 7 SUR - 50


TEL: 2619500

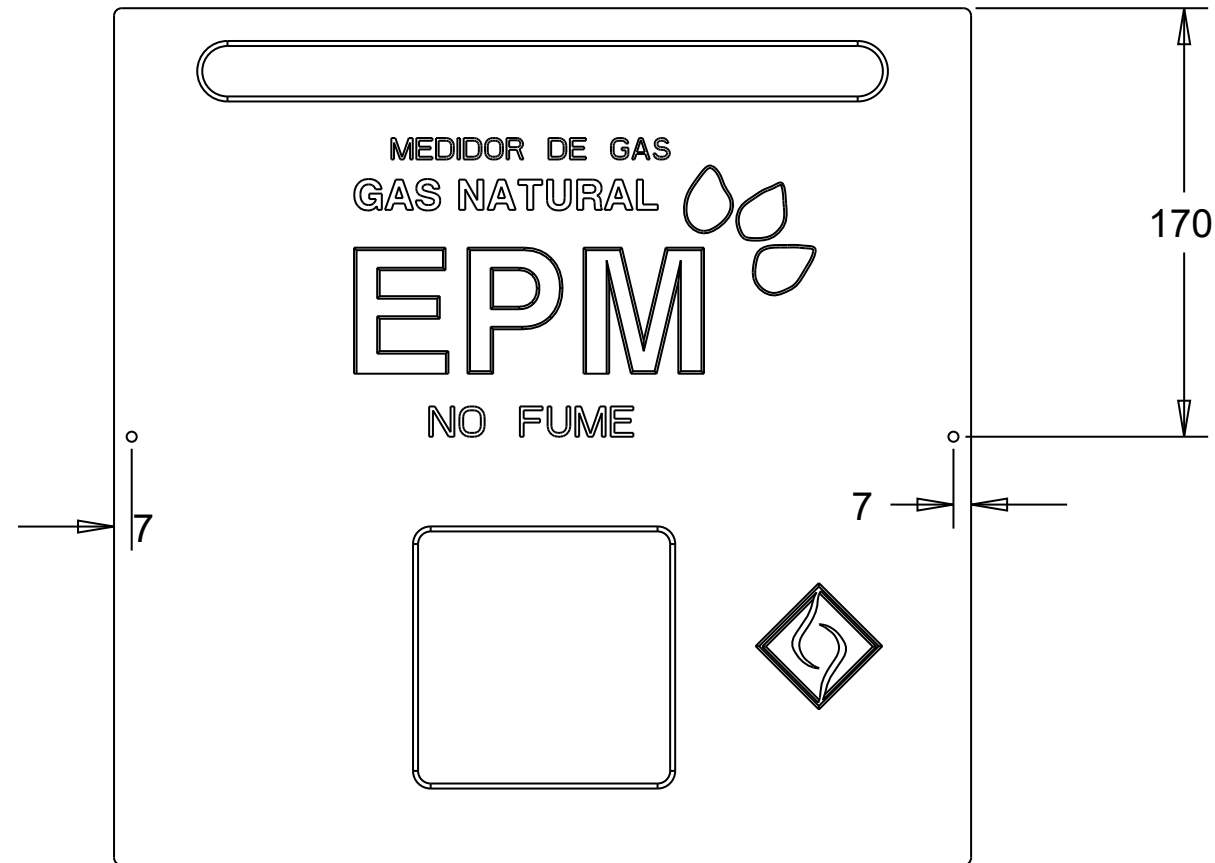
Proyecto: Gabinetes medidores de gas en PRFV						
Ensamble: Gabinete						
Pieza: Detalle letras puerta			REVISION	NOMBRE	FIRMA	FECHA
Escala: 1 : 3			DIBUJO: ANDRES HERNANDEZ			
Unidades: mm			DISEÑO: ANDRES HERNANDEZ			
Formato: A4			APROBO:			
Sistema: 			LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE PLANO NO PUEDE SER USADA NI REPRODUCIDA SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL AUTOR.			
Fecha: Octubre/2006			Plano : G 1.2.2			



CRA 49 # 7 SUR - 50


TEL: 2619500

Proyecto: Gabinetes medidores de gas en PRFV						
Ensamble: Gabinete						
Pieza: Detalle logo puerta			REVISION	NOMBRE	FIRMA	FECHA
Escala: 1 : 3			DIBUJO: ANDRES HERNANDEZ			
Unidades: mm			DISEÑO: ANDRES HERNANDEZ			
Formato: A4			APROBO:			
Sistema: 			LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE PLANO NO PUEDE SER USADA NI REPRODUCIDA SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL AUTOR.			
Fecha: Octubre/2006			Plano : G 1.2.3			

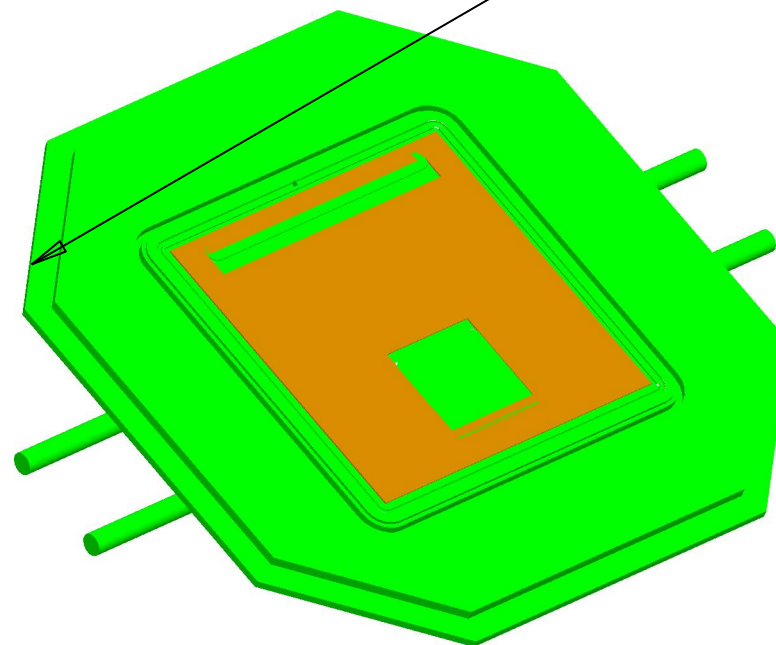


CRA 49 # 7 SUR - 50

TEL: 2619500

Proyecto: Gabinetes medidores de gas en PRFV						
Ensamble: Gabinete						
Pieza: Detalle agujeros tornillos Puerta			REVISION	NOMBRE	FIRMA	FECHA
Escala: 1 : 3			DIBUJO: ANDRES HERNANDEZ			
Unidades: mm			DISEÑO: ANDRES HERNANDEZ			
Formato: A4			APROBO:			
Sistema: 			LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE PLANO NO PUEDE SER USADA NI REPRODUCIDA SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL AUTOR.			
Fecha: Octubre/2006			Plano : G 1.2.4			

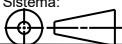




La preforma se inserta (2 piezas tipo G juntas) alineandolas con la cavidad, asegurando que no quedan restos en la zona de empaques.



CRA 49 # 7 SUR - 50  
TEL: 2619500

Proyecto: Gabinetes medidores de gas en PRFV						
Ensamble: Gabinete						
Pieza: Inserción preforma puerta - molde			REVISION	NOMBRE	FIRMA	FECHA
Escala: 1 : 3			DIBUJO: ANDRES HERNANDEZ			
Unidades: mm			DISEÑO: ANDRES HERNANDEZ			
Formato: A4			APROBO:			
Sistema: 			LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE PLANO NO PUEDE SER USADA NI REPRODUCIDA SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL AUTOR.			
Fecha: Octubre/2006			Plano : G 1.2.6			

1156

1584.92



CRA 49 # 7 SUR - 50

TEL: 2619500

Proyecto: Gabinetes medidores de gas en PRFV						
Ensamble: Gabinete						
Pieza: Distribución preformas en el rollo			REVISION	NOMBRE	FIRMA	FECHA
Escala: 1 : 10			DIBUJO: ANDRES HERNANDEZ			
Unidades: mm			DISEÑO: ANDRES HERNANDEZ			
Formato: A4			APROBO:			
Sistema: 			LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE PLANO NO PUEDE SER USADA NI REPRODUCIDA SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL AUTOR.			
Fecha: Octubre/2006			Plano : G 3			